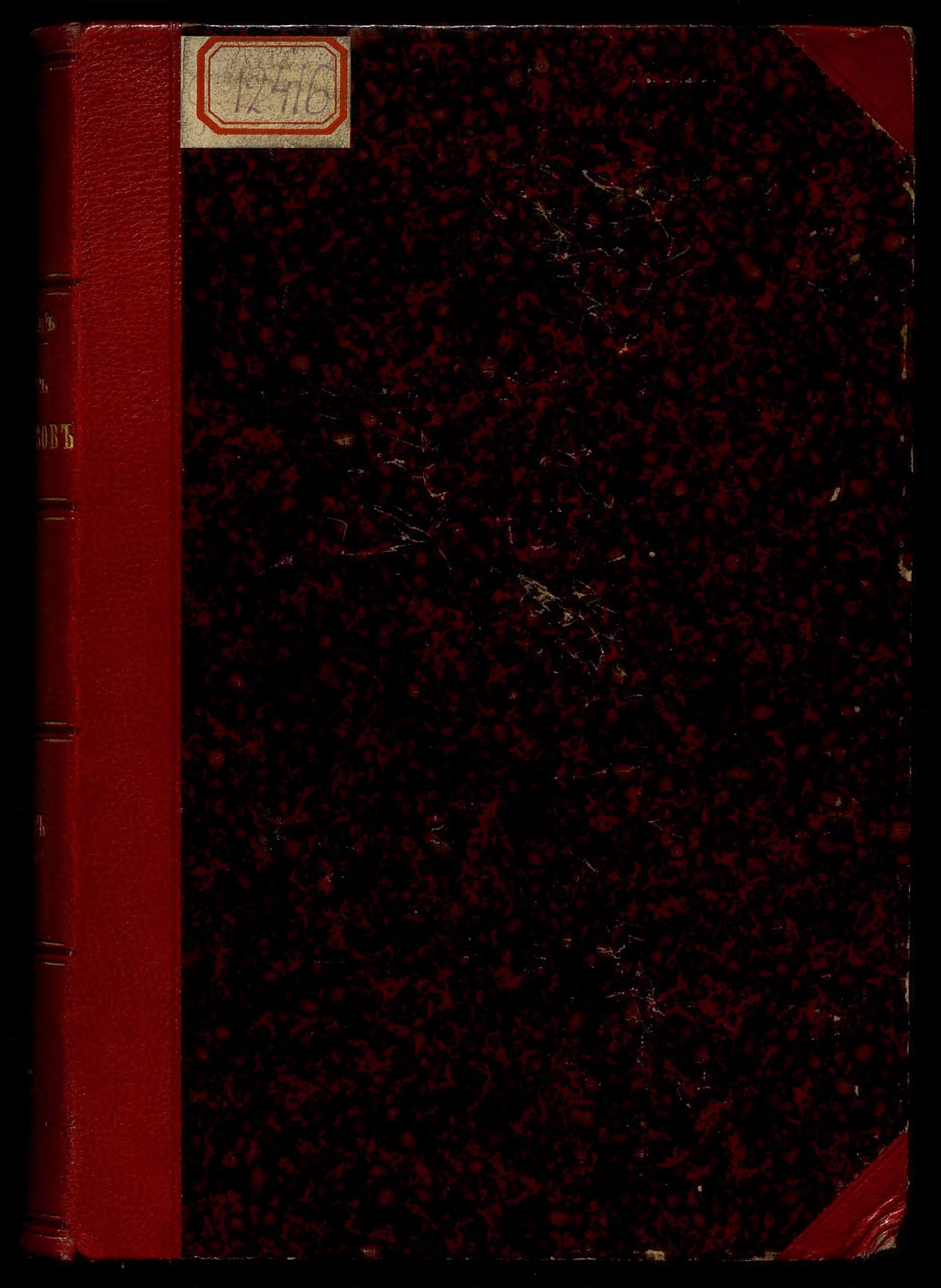
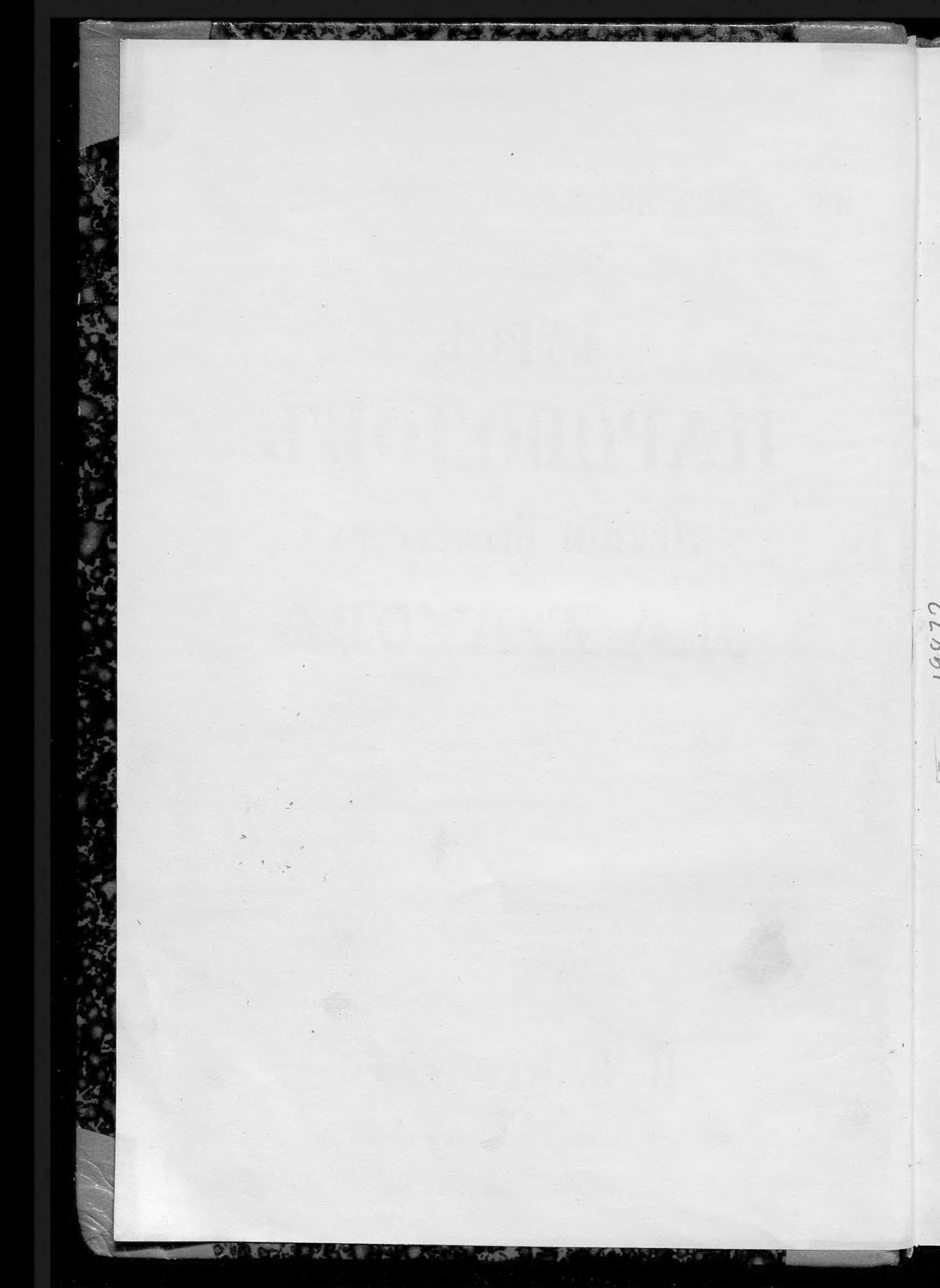

12416





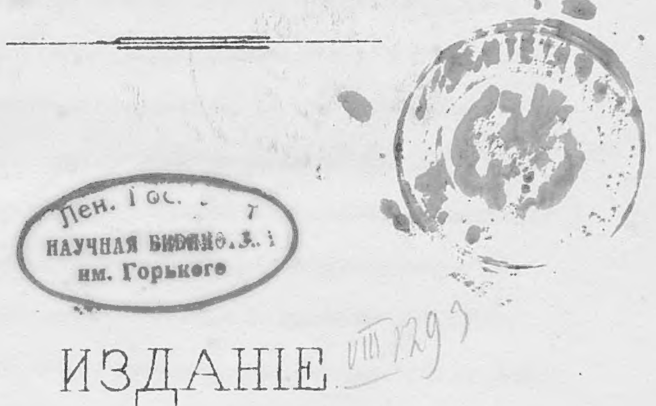
ИНСТИТУТЪ ИНЖЕНЕРОВЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ.

КУРСЪ ПАРОВОЗОВЪ

ЛЕКЦІИ ПРОФЕССОРА

Л. А. ЕРАКОВА.

ЧИТАННЫЯ ВЪ 1873-74 г.



ИЗДАНІЕ
П. ЛАНЕВСКАГО.
С. ПЕТЕРБУРГЪ.
Лито И. Браунъ, Демидовъ пер. № 3.

Введеніе.

Первую идею примѣненія пара къ движенію экипажей подалъ докторъ Робинсонъ въ 1759 г., а первый инженеръ, который старался осуществить эту идею, былъ французъ Кюньо; въ 1769 г. онъ устроилъ въ Парижѣ телѣжку, приводимую въ движеніе паровою машиною съ двумя вертикальными цилиндрами простаго дѣйствія, помѣщенными по обѣимъ сторонамъ небольшаго мѣднаго сферическаго котла. При первыхъ опытахъ телѣжка его могла пройти въ часъ только около одной версты; новые опыты, предпринятые въ 1770 г. были нѣсколько удовлетворительнѣе; но какъ Кюньо не нашелъ способовъ хорошо управлять движеніемъ своей телѣжки, то изобрѣтеніе его было оставлено безъ послѣдствій. Телѣжка его была назначена для движенія по обыкновеннымъ дорогамъ. Почти въ тоже время (1772 г.) Оливеръ Ивенсъ въ Филадельфіи работалъ надъ примѣненіемъ пара къ движенію; въ 1797 г. онъ взялъ привиллегію на паровой вагонъ и просилъ у правительства штата Пенсильваніи дозволенія употреблять его въ предѣлахъ этого штата. Коммисія, которой поручено было разсмотрѣть это дѣло, нашла, что Ивенсъ

не въ полномъ ходу и отказала во всякомъ пособіи.- Семнадцать лѣтъ спустя Ивенсъ выстроилъ на своемъ заводѣ паровую землечерпательную машину (на разстояніи полуторы мили отъ воды), подвелъ подъ нее тележку съ колесами и соединилъ ихъ съ движущимъ механизмомъ. Сдѣлавши ее такимъ образомъ самодвижущеюся, онъ провезъ ее по улицамъ до воды. Снятая съ тележки машина была употреблена по назначенію; это былъ послѣдній опытъ паровой ѣзды, сдѣланный Ивенсомъ.- Послѣ этого были еще попытки движенія по обыкновеннымъ дорогамъ посредствомъ паровыхъ аппаратовъ. Такъ англичане Тревитикъ и Вивіанъ (1804г.) строили паровозныя кареты, но какъ всѣ ихъ опыты движенія по обыкновеннымъ дорогамъ оказались неудачными, то они возымѣли счастливую мысль приложить свои паровыя повозки къ движенію по рельсовымъ путямъ, которые были уже въ большомъ употребленіи въ Англіи при каменноугольныхъ копяхъ.- Въ то время господствовало мнѣніе, что при гладкихъ поверхностяхъ колесъ и рельсовъ, сцѣпленіе между ними недостаточно и движеніе посему паровыхъ экипажей невозможно. Увлеченные общимъ мнѣніемъ Тревитикъ и Вивіанъ, предложили дѣлать насѣчки на шинахъ колесъ и рельсахъ. Это мнѣніе остановило на время успѣхи паровaго движенія и всѣ послѣдующіе изобрѣтатели до

1813 г. старались только объ усиленіи сцѣпленія колесъ съ рельсами. Такъ Бленкинсопъ (1) (1811) устроилъ паровую повозку, которая двигалась по рельсамъ посредствомъ сцѣпленія зубчатаго колеса, приводимаго въ движеніе паромъ, съ зубчатой рейкой, проложенной по дорогѣ между рельсами; такъ Вильямъ и Эдуардъ Чапманы (1812 г.), принявъ идею Бленкинсопа, замѣнили только зубчатую рейку цѣпью, проложенною вдоль пути и проходящею чрезъ зубчатое колесо, придѣланное къ повозкѣ и приводимое въ движеніе паромъ; наконецъ Брентонъ (1813 г.) предложилъ систему двухъ упирающихся въ землю рычаговъ, играющихъ роль ногъ; разрывъ его котла, который былъ чугунный, остановилъ его опыты.

Въ тоже время Блакетъ многочисленными опытами доказалъ, что сцѣпленіе гладкихъ колесъ съ гладкими рельсами совершенно достаточно для движенія и результатъ этотъ вмѣстѣ съ употребленіемъ двухъ цилиндровъ двойнаго дѣйствія, приводящихъ въ движеніе мотыли, придѣланные къ колесамъ и расположенные подъ прямымъ угломъ между собою, составили основаніе всѣхъ

---

(1) Машины Бленкинсопа служили около 12 лѣтъ для перевозки каменнаго угля изъ копей, по желѣзной дорогѣ (въ Англіи) Мидльтоно-Лидской.

послѣдующихъ устройствъ паровозовъ.

Въ 1814 г. Джорджъ Стефенсонъ построилъ для Киллингвортскихъ каменноугольныхъ копей машину съ четырьмя колесами, сдвоенными сперва помощію системы зубчатыхъ колесъ, а впослѣдствіи посредствомъ безконечной цѣпи, надѣтой на два зубчатыхъ колеса, насаженныхъ на оси колесъ по ихъ серединѣ. Цилиндры (2) были помѣщены вертикально надъ каждою осью. Машины эти имѣли цилиндрическій котелъ, длиною 2,44 метра (1,144 саж.) и діаметра 0,86 мет. (0,403с.), сквозь который проходила труба, діаметромъ въ 0,51 м. (0,239с.) съ внутреннею топкою. Діаметръ цилиндровъ былъ въ 0,20 м. (0,094с.), а ходъ поршней 0,61 м. (0,286с.). Паровозъ этотъ могъ везти грузъ 30½ тоннъ (1891,83 пуд.) по подъему въ 0,002 со скоростью 6½ километровъ (6в. 45с.) въ часъ.

Въ послѣдующихъ машинахъ Д. Стефенсонъ ввелъ третью ось, промежуточную, соединенную безконечною цѣпью съ двумя осями, приводимыми въ движеніе прямо паромъ. Машина подвѣшивалась на оси посредствомъ цилиндровъ, поршни которыхъ были связаны съ подшипниками, лежащими на осяхъ, и подвержены сверху давленію пара, упругость котораго замѣняла упругость рессоръ. — До 1830 г. машины Стефенсона сохраняли преимущество надъ всѣми прочими, построенными въ то время, благодаря тѣмъ улучшеніямъ, которыя

онъ постоянно вводилъ въ ихъ устройствѣ. Присоединенная ось была уничтожена, безконечная цѣпь замѣнена парными сбалансированными шатунами; введены стальныя рессоры для поддержанія паровоза. Нагнетательный насосъ, приводимый въ движеніе приводомъ отъ движущихъ поршней, служилъ для возобновленія воды въ котлѣ, накачивая ее изъ бака съ водой, помѣщеннаго на повозкѣ сзади паровоза (тендеръ). Колеса дѣлались чугунныя съ желѣзными шинами; золотники приводились въ движеніе эксцентриками. Такія машины вѣсили около 10 тоннъ (620 пуд.) съ запасами воды и топлива и могли везти валовой грузъ 90 тоннъ (1861 п.) при скорости 10 километровъ (9,5 верстъ) въ часъ. Кромѣ улучшеній вообще въ устройствѣ паровозовъ, главная заслуга Стефенсона состоитъ въ томъ, что онъ первый началъ сцѣплять колеса и тѣмъ увеличилъ силу тяги паровозовъ.

Въ 1825 г. Гаквортъ расположилъ цилиндры вдоль котла, а въ 1827 г. предложилъ пропускать мятый паръ чрезъ дымовую трубу для усиленія тяги (1). Вообще строители паровозовъ стремились къ увеличенію

---

(1) Еще прежде (1804 г.) Тревитикъ употреблялъ этотъ способъ усиленія тяги въ одной изъ своихъ машинъ; Стефенсонъ въ своихъ паровозахъ также пользовался имъ.

ихъ силы и скорости, но встрѣчали непреодолимое сопротивленіе въ ограниченныхъ размѣрахъ котловъ, которые необходимо было устраивать для этой цѣли, пока французскій инженеръ Маркъ Сегенъ не изобрѣлъ трубчатый котелъ, составившій эпоху въ развитіи паровознаго дѣла. Въ 1825 и 1826 г. Сегенъ устроилъ первые трубчатые котлы для одного парохода, служившаго для перевоза грузовъ по Ронѣ и въ 1828 г. приложилъ этотъ котелъ къ паровозамъ. - Будучи директоромъ каменноугольной желѣзной дороги изъ Ліона въ Сентъ-Этьенъ, Сегенъ выписалъ изъ мастерскихъ Стефенсона два паровоза. Послѣ многочисленныхъ стараній увеличить ихъ силу и скорость, или другими словами, паропроизводительность ихъ котловъ, онъ устроилъ для нихъ трубчатые котлы, а для усиленія тяги употребилъ сперва вентиляторъ, а затѣмъ пропустилъ мятый паръ въ дымовую трубу по предложенію Пельтана, который придумалъ это, не зная объ изысканіяхъ по этому предмету Гакворта. Въ свою очередь трубчатый котелъ былъ почти въ тоже время и независимо отъ Сегена предложенъ Бутомъ въ Англіи.

Соединеніе трубчатаго котла съ искусственною тягою посредствомъ пропуска мятаго пара въ дымовую трубу, положило начало увеличенію силы паровозовъ и скорости ихъ движенія и по настоящее

время составляютъ основанія ихъ устройства.

Конкурсъ, открытый въ 1829 г. директорами железной дороги изъ Манчестера въ Ливерпуль, ускорилъ успѣхи паровознаго дѣла. Конкурсъ этотъ былъ вызванъ слѣдующими обстоятельствами: съ давнихъ поръ устроена была въ Англіи сѣть каналовъ, которая хотя сперва и приносила большую пользу, но впослѣдствіи тарифы перевозки по каналамъ, составлявшимъ монополію, возросли до такой степени, что наконецъ вынудили искать какой нибудь другой болѣе дешевый способъ перевозки грузовъ. Въ особенности потребность эта была ощутительна для Ливерпуля и Манчестера, двухъ центровъ торговой дѣятельности Англіи и потому рѣшились устроить железную дорогу между этими двумя городами, и послѣ розысканія сравнительной выгодности различныхъ двигателей остановились на паровозахъ. Однако директоры этой дороги не приняли существовавшіе тогда типы машинъ, но предложили строителямъ паровозовъ конкурсъ при слѣдующихъ условіяхъ: „Паровозъ долженъ вѣсить до 6 тонн. (372 пуда), имѣть 6 колесъ и везти по горизонтальному пути со скоростью 16 километровъ (15 верстъ) въ часъ грузъ 20 тоннъ (1240 п.), считая запасы воды и топлива. Если машина вѣсила бы только 5 тоннъ

(310 п.), то грузъ могъ быть уменьшенъ до 15 тоннъ (930 п.). Если же паровозъ будетъ сдѣланъ о 4хъ колесахъ, то вѣсъ его не долженъ превышать 4½ тоннъ (279 п.)."

„Кромѣ того цѣна машины не должна быть больше 550 фунтовъ (3443 руб.) стерлинговъ. Строитель машины, удовлетворяющей всѣмъ условіямъ конкурса, получитъ 500 ф. с. (3130 р.) преміи и ему будетъ поручена постройка всего подвижнаго состава дороги."

Изъ числа 4хъ паровозовъ, приготовленныхъ на конкурсъ, три были особенно замѣчательны; эти машины были: „Rocket" Роберта Стефенсона, сына Дж. Стефенсона, „Sans Pareil" Гакворта и „Novelty" Брейтвейта. Паровозъ Р. Стефенсона удовлетворилъ всѣмъ условіямъ конкурса и даже превзошелъ ихъ: онъ имѣлъ 4 колеса, вѣсилъ 4,316 тоннъ (267,95 п.) и могъ везти по горизонтальному пути со скоростью, совершенно неожиданною, 22½ километра (слишкомъ 20 в.) въ часъ грузъ 12,942 (802,62 пуд.) тоннъ, (считая запасъ воды и топлива), уменьшенный сообразно съ малымъ вѣсомъ самаго паровоза. Безъ груза же, но съ 36 пассажирами „Rocket" сдѣлалъ 40 в. въ часъ и эта большая скорость подала мысль перевозить по желѣзнымъ дорогамъ пассажировъ, на что сначала никакъ не разсчитывали, потому что Ливерпуль-Манчестерская дорога была предназначена для перевозки грузовъ. Котелъ „Rocket'а"

имѣлъ 0,83 м. (0,358 с.) длины и былъ снабженъ топкою въ 0,91 м. (0,426 с.) длины на 0,91 м. высоты. Пламя переходило изъ топки въ дымовую коробку чрезъ 25 трубокъ 0,076 м. (0,036) въ діаметрѣ. Усиленіе тяги производилось мятымъ паромъ, направленнымъ въ дымовую трубу. Однако Р. Стефенсонъ сперва устроилъ выпускъ мятаго пара прямо въ воздухъ и только послѣ оказавшейся недостаточности тяги употребилъ этотъ способъ. — Въ „Sans Pareil" Гакворта былъ сдѣланъ выпускъ пара въ трубу; но паровозъ его, представлявшій много частностей нынѣ употребляемыхъ, имѣлъ значительный расходъ топлива. — Въ „Novelty" былъ сдѣланъ котелъ съ внутренними ходами, представлявшій большую поверхность нагрѣва и потреблявшій очень мало топлива, но паровозъ этотъ былъ слишкомъ тяжелъ и имѣлъ медленное движеніе. Запасы воды и топлива были помѣщены на самомъ паровозѣ. „Novelty" представляетъ первый примѣръ паровоза тендера, которые до 1837 г. болѣе не дѣлались. — Около 1830 г. появились 3 машины весьма важныя въ дѣлѣ развитія паровознаго дѣла.

1) „Planet" Р. Стефенсона(1), въ которомъ соединены были всѣ части и органы локомотивовъ окончательно принятыхъ —

---

(1) Это былъ 9-й паровозъ, построенный Стефенсономъ.

для движенія по желѣзнымъ дорогамъ.

2) Паровозъ строителя (Bury) Бури съ 4-мя большими сцѣпленными колесами, внутренними цилиндрами и колѣнчатыми осями, съ рамами изъ кованнаго желѣза и сферическою топкою, составлявшими и въ позднѣйшее время характеристическія особенности, весьма распространенныхъ машинъ, этого строителя.

3) Новый паровозъ Гакворта, самый полный изъ всѣхъ современныхъ, въ которомъ особенно замѣчательны были: 6 сцѣпленныхъ чугунныхъ колесъ, краны для нагрѣванія излишнимъ паромъ воды въ тендерѣ, пружинныя нагрузки съ опорами предохранительныхъ клапановъ, движеніе поршней насосовъ однимъ изъ парораспредѣлительныхъ эксцентриковъ и прибавленіе купола на цилиндрической части котла, съ цѣлью увеличенія помѣщенія для пара.

Съ этихъ поръ началось постоянное и весьма быстрое развитіе паровознаго устройства на началахъ, положенныхъ Р. Стефенсономъ, Сегеномъ и др.; вѣсъ паровозовъ, ихъ сила и скорость начали увеличиваться; детали ихъ устройства улучшаться и въ этомъ отношеніи главныя заслуги были на сторонѣ англійскихъ инженеровъ и строителей, такъ что почти весь материкъ Европы былъ исключительно снабжаемъ англійскими паровозами.

Англійскіе строители Шарпъ и Робертсъ, Форрестеръ и Бьюри строили въ это время наибольшее число паровозовъ. Почти въ тоже время (1834 г.) опыты Памбура на Ливерпуль-Манчестерской желѣзной дорогѣ подвинули вопросъ о сопротивленіяхъ, встрѣчаемыхъ паровозами при движеніи. – Въ 1840 г. Норрисъ изъ Филадельфіи предложилъ новый типъ паровозовъ о 6-ти колесахъ, изъ которыхъ 4 переднихъ были связаны тележкой, на шкворнѣ которой лежала дымовая коробка; паровозы эти представляли большія удобства для движенія по кривымъ путямъ, и положили начало устройству американскихъ паровозовъ, впослѣдствіи усовершенствованныхъ Роджерсомъ, но до сихъ поръ сохранившихъ типъ Норриса(1).

Приспособленіе аппаратовъ для измѣняющагося расширенія пара-кулиса Стефенсона и др., устройство измѣняющейся тяги и пр., было тоже сдѣлано около этого же времени, наконецъ въ 1845 г. возникъ новый вопросъ очень важный, а именно объ устойчивости паровозовъ во время движенія:

Г. Фернигоу (Fernihough) англійскій

---

(1) Впрочемъ тележки были уже употреблены въ Америкѣ еще до Норриса, а именно въ 1832 г. на паровозъ „Экспериментъ", устроенномъ Адамомъ Гальманъ.

инженеръ первый понялъ необходимость (1845 г.) уравновѣшивать части паровоза, имѣющія прямолинейное движеніе взадъ и впередъ. Онъ старался достигнуть этого-же результата употребленіемъ противовѣсовъ, помѣщенныхъ между спицами ведущихъ колесъ. — Позднѣе (1847 г.) Г. Гитонъ (Heaton) изобрѣлъ систему уравновѣшиванія движущихъ частей посредствомъ особой массы, по вѣсу равной вѣсу всѣхъ частей, имѣющихъ прямолинейное возвратное движеніе, которая надѣвалась на стержень, имѣющій движеніе въ обратную сторону движенія поршня. Въ 1847 же г. Г. Гасвелль (Hasvell) директоръ мастерскихъ желѣзной дороги изъ Вѣны въ Раабъ взялъ привилегію по этому предмету, а въ 1848 г. Наллау (Nallau) нѣмецкій инженеръ объяснилъ впервые причины проявленія силы, нарушающей равновѣсіе движенія паровоза и затѣмъ, наконецъ, позднѣйшія теоретическія изслѣдованія Лешателье (1849 г.), Куша (1853 г.), Ивонъ Веларсо, Резаля (1853 г.), Редтенбахера (1855 г.) и Цейнера (1856 г.) вполнѣ разъяснили этотъ вопросъ.

Въ 1849 г. появился паровозъ, носящій имя своего изобрѣтателя, англійскаго инженера Крамптона и положившій начало увеличенія скорости движенія поѣздовъ, которая въ паровозахъ этой системы можетъ быть съ безопасностію доведена до 100 километровъ (до 94 верстъ) въ часъ.

Съ теченіемъ времени во Франціи, Бельгіи и Германіи образовались свои мастерскія для постройки паровозовъ; французскіе строители: Деронъ и Калль, Каве, товарищество Крезо, Гуэнъ, Полонсо, Кехлинъ; бельгійскіе: Кокериль, Полонсе и др.; нѣмецкіе: Борзигъ, Энгель, Кесслеръ и др. сильно подвинули паровозное дѣло и вывели желѣзныя дороги материка изъ подъ зависимости Англіи. Въ Россіи устраивалась Московская (Николаевская) желѣзная дорога и вызванные изъ Америки строители паровозовъ Уайненсъ, Гаррисонъ и Иствикъ ввели на ней систему Норриса.

Когда главныя Европейскія линіи желѣзныхъ дорогъ, на которыхъ, располагая направленіемъ, можно было избѣгать крутыхъ подъемовъ, были окончены и для сообщенія съ ними различныхъ, внѣ ихъ лежащихъ, торговыхъ и промышленныхъ пунктовъ потребовалось проводить второстепенныя дороги, то, съ одной стороны невозможность располагать направленіемъ дороги, проходящей часто по гористой мѣстности, а съ другой - стремленіе къ удешевленію постройки, принудило дѣлать эти вѣтви желѣзныхъ дорогъ, по возможности, короче, съ закругленіями малаго радіуса и крутыми подъемами. Дорогамъ съ двумя послѣдними условіями существовавшіе паровозы не могли удовлетво-

ряте и наконецъ усилія инженеровъ направились на изысканіе новыхъ системъ паровозовъ соответствующаго устройства. Въ 1851 г. въ Австріи объявленъ былъ конкурсъ на устройство паровоза железной дороги чрезъ гору Земмерингъ, на которой уклоны доходили до 0,025, а радиусы закругленія до 180 метр. (до 85 с.). На конкурсъ было представлено несколько машинъ, но ни одна изъ нихъ не была принята и только 2 года спустя австрійскій инженеръ Энгертъ представилъ свой паровозъ, который и былъ принятъ на Земмерингенской дороге. Впоследствіи, когда была доказана выгода тяжелыхъ товарныхъ поездовъ, эта система была изменена во Франціи Шнейдеромъ и приложена на многихъ дорогахъ съ большими уклонами въ особенности же на Северной, для перевозки тяжелыхъ товарныхъ поездовъ.

Въ последнее время инженеры строители паровозовъ обратили вниманіе на экономію топлива — разработкою этого вопроса особенно занимались въ Англіи и Франціи и въ теченіе весьма незначительнаго времени появилось множество системъ дымогарныхъ и экономическихъ топокъ, изъ которыхъ можно упомянуть въ особенности о системахъ Кларка, Битти, Бельпера, Тенбринка, Тьери и др.; изъ нихъ более другихъ начинаетъ входить въ употребленіе система Бельпера, Тенбринка и Тьери.

Ординарный профессоръ Н. [illegible]

Также въ 1857 г. изобрѣтенъ былъ инжек-
торъ Жиффара, съ которымъ [illegible]-
ній всѣ прочіе питательные снаряды.
Наконецъ много произведено другихъ улуч-
шеній въ устройствѣ паровозовъ, какъ-
то: замѣненіе многихъ желѣзныхъ ча-
стей стальными, что значительно
уменьшило ихъ вѣсъ, увеличивъ въ то-
же время ихъ прочность, устройство
котловъ изъ литой стали и т. п.

Лѣтъ 10ть тому назадъ явилась
новая система горныхъ паровозовъ Беньо
(Beugniot), замѣчательная своею силою
и удобоподвижностью. Въ числѣ усовершен-
ствованій въ паровозахъ этой системы осо-
бенно заслуживаютъ вниманіе подвиж-
ность осей, соединенія паровоза съ тен-
деромъ и способъ подвѣски машины рессо-
рами. Системы эти были вызваны слѣ-
дующими обстоятельствами: въ числѣ
желѣзныхъ дорогъ, сѣть которыхъ уже на-
чинаетъ покрывать Итальянскій полуост-
ровъ, находится одинъ участокъ между
Болоньей и Пистойей, представляющій
значительныя затрудненія, вслѣдст-
віе подъема черезъ Апеннины. Наклонъ
участка дороги достигаетъ уклона въ
0,025 на протяженіи 23½ километровъ
(22 версты) и притомъ при радіусахъ 300
м. (140 с.). Для движенія по этому участ-
ку было предложено употреблять паровозы,

Листъ 2.

удовлетворяющіе слѣдующимъ условіямъ: „устроить машину, способную везти грузъ отъ 100 до 110 тоннъ (6200–6820 п.) въ самую неблагопріятную погоду и 150 т. (9300 п.) при благопріятныхъ климатическихъ условіяхъ, по подъему въ $0^{m},025$, имѣющему длину въ 23½ километр. (22 версты), причемъ протяженіе это должно быть пройдено въ 2 часа для товарныхъ поѣздовъ и въ 1½ часа для поѣздовъ товаро-пассажирскихъ".

„Устроить эту машину такимъ образомъ, чтобы при сказанныхъ обстоятельствахъ не употреблялась наибольшая ея работа и чтобы ни одна изъ осей не была нагружена болѣе 12 тоннъ (744,32 п.)."

Беньо инженеръ мастерскихъ Андрея Кёхлина и К° въ Мюльгаузенѣ успѣшно выполнилъ эти условія и построенные имъ паровозы по его системѣ „Rampe" и „Couvé" дали отличные результаты.

На Лондонской выставкѣ 1862 г. было представлено 11 паровозовъ, не считая чертежей; всѣ они кромѣ локомотива Гавеля и представленныхъ Сѣверною желѣзною дорогою во Франціи не представляли ничего особеннаго и замѣчательнаго. Въ названныхъ же двухъ паровозахъ были слѣдующія особенности: въ паровозѣ Гавеля съ каждой стороны устроены по 2 цилиндра, передающихъ движеніе мотылямъ, расположеннымъ подъ угломъ 180° между собою.

Это устройство уничтожаетъ вліяніе частей, имѣющихъ возвратное прямолинейное движеніе, на правильность хода паровоза. Локомотивы Сѣверной желѣзной дороги, отличающіеся огромною паропроизводительностію, имѣютъ 4 цилиндра, расположенныхъ по четыремъ концамъ рамъ; одинъ изъ нихъ товарный съ огромною силою тяги (4 ведущихъ оси), а другой пассажирскій, который въ отношеніи скорости не уступаетъ паровозамъ Крамптона. Всѣ они, равно какъ и паровозъ той же дороги для крутыхъ подъемовъ, снабжены осушителемъ пара. Прочіе же паровозы устроены по извѣстнымъ уже системамъ.

Наконецъ на Парижской выставкѣ 1867 г. было 33 паровоза, представившихъ вполнѣ современное состояніе паровознаго дѣла; подробное описаніе этихъ паровозовъ можно найти въ 5ой книжкѣ Журнала Путей Сообщенія за 1867 г. Главное стремленіе строителей этихъ паровозовъ состояло: 1) въ увеличеніи силы тяги - особенно товарныхъ паровозовъ, 2) въ уменьшеніи безполезнаго груза (четырехъ-колесный паровозъ, построенный на заводѣ „Графенштаденъ") и 3) въ экономіи топлива (приборы Тенбринка и Тьери).

Составъ и дѣйствіе паровоза

Изложивъ кратко исторію развитія паровознаго дѣла, мы приступимъ къ описанію общаго вида и состава паровоза, наконецъ остановимся въ настоящее время всѣ строители. Органы локомотива раздѣляются на три группы, имѣющія каждая свое спеціальное назначеніе: 1) паробразовательный аппаратъ или котелъ съ принадлежностями; 2) двигающій приборъ или машина и 3) экипажъ паровоза съ поддерживающими частями.

1) Парообразовательный аппаратъ. Котелъ главнымъ образомъ состоитъ изъ внутренней топки, прогарныхъ трубокъ, наружной оболочки или собственно котла, дымовой коробки и трубы; кромѣ того къ котлу относятся разные приборы, составляющіе съ нимъ одно неразрывное цѣлое. Топка всѣхъ до сихъ поръ построенныхъ машинъ состоитъ изъ обращенной дномъ кверху коробки параллелепипедальной формы, склепанной изъ мѣдныхъ листовъ (красной мѣди); въ нижней части устроена рѣшетка, на которой помѣщается топливо; въ задней, относительно машины, стѣнкѣ коробки сдѣлано отверстіе, закрываемое дверцами, называемыми топочными, и служащее для накладыванія на рѣшетку топлива;

въ противоположной стѣнкѣ, заключающей отверстія для дымогарныхъ трубокъ, вставляемыхъ въ нихъ при помощи колецъ или пробокъ. Верхняя стѣнка или потолокъ топки укрѣплена анкерными связями, сопротивляющимися огромному давленію пара, выдерживаемому потолкомъ топки. Боковыя внутреннія стѣнки соединяются рядомъ связокъ съ наружными стѣнками и такимъ образомъ могутъ безопасно выдерживать давленіе пара. Топка называется еще иногда огневою коробкою.

Наружную оболочку котла составляютъ: оболочка топки, цилиндрическая часть, окружающая дымогарныя трубки и паровой куполъ.

Наружная оболочка топки имѣетъ форму самой топки - въ своей средней и нижней частяхъ, соотвѣтствующія стѣнки которыхъ связаны распорками; вверху же наружная оболочка топки большею частію ограничивается цилиндрическою частью, касательною къ боковымъ продольнымъ (относительно длины паровоза) стѣнкамъ. Наружная оболочка трубокъ и собственно котелъ дѣлаются цилиндрическими, съ круглымъ или иногда эллиптическимъ поперечнымъ сѣченіемъ; они заканчиваются на противоположной топкѣ - сторонѣ, доскою съ отверстіями, въ которыя вставляются концы дымогар-

ныхъ трубокъ; доска эта составляетъ одну изъ стѣнокъ дымовой коробки. Стѣнки топки и дымовой коробки, въ которыя вставлены концы трубокъ, связаны между собою связными продольными штангами, представляющими систему распоровъ. Кромѣ того стѣнки эти соединены между собою въ верхнихъ и нижнихъ частяхъ, многочисленными тяжами. Такимъ образомъ всѣ части котла устроены такъ, что могутъ хорошо сопротивляться давленію пара, потому что онѣ имѣютъ цилиндрическую форму съ правильнымъ круговымъ сѣченіемъ и стѣнки укрѣпляющими ихъ связями.

<u>Паровой колпакъ</u> имѣетъ обыкновенную форму вертикальнаго цилиндра покрытаго сверху сферическимъ сегментомъ; онъ помѣщается или на цилиндрической части котла, или надъ топкою. Иногда помѣщаютъ на одномъ котлѣ два паровыхъ колпака.

Наконецъ весь котелъ окруженъ оболочкою, препятствующею его охлажденію.

<u>Дымовая коробка</u> принимаетъ горячіе газы, образующіеся при горѣніи топлива и проходящіе въ нее по трубкамъ; надъ нею устроена дымовая труба и кромѣ того внутри дымовой коробки помѣщаютъ различныя части, о которыхъ будетъ сказано ниже. Для отвращенія вылетанія искръ и уголковъ изъ трубы, въ

дымовой коробкѣ надъ прогарными трубками иногда помѣщаютъ проволочную сѣтку или рѣшетку. Сбоку дымовой коробки обыкновенно дѣлается отверстіе, закрываемое заслонкою, которою можно регулировать тягу во время движенія. Также внизу дымовой коробки дѣлается небольшое отверстіе, закрываемое дверцами, служащее для выгребанія угольковъ.- Надо наблюдать, чтобы всѣ отверстія въ дымовой коробкѣ запирались совершенно плотно.

Дымовая труба состоитъ изъ цилиндра или, обращеннаго вверхъ основаніемъ, конуса. Сверху ея устроена крышка, служащая для закрыванія трубы и уничтоженія этимъ тяги во время стоянія паровоза. Въ верхней части трубы часто помѣщаются искроудержительные снаряды различнаго устройства. Въ дымовую трубу для увеличенія тяги проводится изъ цилиндра мятый паръ особою трубкою, называемою *конусомъ*, а для образованія тяги при стоянкахъ употребляютъ фурсовую трубку.

Къ числу принадлежностей котла относятся: *паропроводныя трубы*, приводящія паръ къ цилиндрамъ; *регуляторъ*, помѣщенный при началѣ паропроводной трубы или въ какой нибудь точкѣ ея длины и служащій для регулированія впус-

ка мѣрно въ цилиндры; зольникъ — ящикъ изъ листового желѣза, прочно [illegible] котла, помѣщаемый подъ топкой, для собиранія падающихъ сквозь рѣшетку колосниковъ и частично снабженный спереди и сзади дверцами на шарнирахъ или клапанами, служащими вспомогательными средствами для усиленія тяги; — предохранительные клапаны, въ числѣ двухъ, служащіе для выпуска пара, если онъ образуется въ [illegible] количествѣ, и нагружаемые посредствомъ рычаговъ давленіемъ пружинъ, напряженіе которыхъ можетъ быть измѣняемо по произволу; водомѣрная трубка и пробные краны, служащіе для опредѣленія положенія горизонта воды въ котлѣ; манометръ, показывающій упругость пара; свистокъ для подачи сигналовъ; горловина, закрывающаяся герметически чугунною доскою и служащая для осмотра внутреннихъ частей котла; краны для нагрѣванія воды въ тендерѣ, пропусканіемъ въ него излишка пара въ котлѣ; спускной кранъ, помѣщенный въ нижней части наружной оболочки топки и служащій для выпуска воды изъ котла; люки для прочистки котла и т. п.

Къ котлу относятся также питательные приборы, служащіе для снабженія его водою изъ тендера. Они состо-

ломъ, или изъ нагнетательныхъ насосовъ, или изъ инжекторовъ Жиффара(*); обыкновенно помѣщаютъ при котлѣ два такихъ прибора, чтобы въ случаѣ порчи одного, другой могъ работать. Питательные насосы приводятся въ движеніе поршнями паровыхъ цилиндровъ; иногда къ паровозу присоединяется маленькая паровая машина (petit cheval), служащая для наполненія котла водою во время стоянія паровоза.

2) Движущій механизмъ или машина. Движущій механизмъ состоитъ главнымъ образомъ изъ: чугунныхъ цилиндровъ, устройство которыхъ совершенно сходно съ употребляемыми въ постоянныхъ паровыхъ машинахъ. Цилиндры эти бываютъ внутренніе, когда они расположены внутри продольныхъ брусьевъ-рамы, и внѣшніе, когда они помѣщены снаружи ихъ. Въ каждомъ цилиндрѣ сдѣланы по два впускныхъ окна, для послѣдовательнаго впуска и выпуска пара; наружныя отверстія оконъ выходятъ въ паровую коробку; внутреннія же ихъ отверстія расположены по концамъ цилиндровъ. Между двумя паровпускными окнами помѣщено паровыпускное, закры-

(*) Въ настоящее время употребляются исключительно инжекторы.

ваемое постоянно золотникомъ, двигающим-
ся въ паровой коробкѣ, и сообщаемое имъ съ
конусомъ. - Въ цилиндрѣ двигаются поршни
съ металлическою набивкою, стержни кото-
рыхъ имѣютъ на концахъ салазки, двигаю-
щіяся въ направляющихъ брусьяхъ, назы-
ваемыхъ параллелями, прикрѣпленныхъ къ
рамамъ, и соединены съ шатунами, пре-
образующими прямолинейное возвратное
движеніе въ непрерывное круговое; посред-
ствомъ мотылей, прикрѣпленныхъ къ осямъ
ведущихъ колесъ (въ случаѣ внѣшнихъ ци-
линдровъ) или кривошиповъ тѣхъ же осей
(въ случаѣ внутреннихъ цилиндровъ). - Стерж-
ни поршней соединены также приводами
непосредственно со стержнями поршней
питательныхъ насосовъ и приводятъ та-
кимъ образомъ въ дѣйствіе эти послѣдніе.
Ось ведущихъ колесъ снабжена для каждо-
го цилиндра однимъ или двумя эксцентри-
ками, передающими движеніе золот-
никамъ. Измѣняющееся расширеніе пара
производится особыми приборами, напр.
кулисой Стефенсона и другими большею
частію служащими въ тоже время и
для перемѣны хода изъ прямого въ об-
ратный. Въ нѣкоторыхъ системахъ паро-
возовъ (Николаевская дорога) для послѣд-
ней цѣли служитъ особый золотникъ (*).

(*) Въ настоящее время эти паровозы передѣ-
ланы.

Разныя части механизма снабжены воронками, отверстіями, скважинами и т. п., устроенными для смазки трущихся частей такимъ образомъ, чтобы масло достигало трущихся поверхностей невдругъ, но постепенно, такъ что возобновленіе масла можетъ быть сдѣлано черезъ довольно значительные промежутки времени, соотвѣтствующіе 40, 50 и болѣе километровъ (35, 45 и болѣе верстъ) пройденнаго пути.

Мы уже упоминали о паровыпускной трубѣ (конусѣ), выводящей мятый паръ въ дымовую трубу; теперь объяснимъ подробнѣе эту весьма важную часть. Дѣйствіе этого прибора связано какъ съ движеніемъ такъ и съ приготовленіемъ пара, ибо, съ одной стороны, онъ служитъ для выпуска изъ цилиндровъ мятаго пара, а съ другой, увеличиваетъ тягу и паропроизводительность. Цилиндры снабжены трубчатою частію, служащею продолженіемъ паровыпускныхъ оконъ и на этой-то трубчатой части устанавливается конусъ своимъ нижнимъ основаніемъ; иногда трубы, выводящія мятый паръ изъ цилиндровъ, соединяются немедленно у самыхъ цилиндровъ въ одну общую трубу; иногда-же, наоборотъ, обѣ паровыпускныя трубы идутъ отдѣльно до самаго основанія дымовой трубы, гдѣ онѣ соединяются

ліяніемъ отверстіемъ. Въ настоящее время почти всегда дѣлаютъ такимъ измѣняющимся, настоящее отверстіе паровыпускной трубы такимъ образомъ, чтобы можно было увеличивать или уменьшать площадь его сѣченія. Такъ какъ скорость вытеканія пара въ дымовую трубу тѣмъ меньше, чѣмъ отверстіе паровыпускной трубы больше, то сила тяги можетъ быть измѣняема между нѣкоторыми предѣлами. Измѣненіе силы тяги играетъ весьма важную роль въ управленіи движеніемъ паровозовъ; увеличивая отверстіе конуса, когда паропроизводительность излишня, уменьшаютъ скорость горѣнія топлива и вмѣстѣ съ тѣмъ паропроизводительность, причемъ уменьшается сопротивленіе вытеканію мятаго пара изъ цилиндровъ, а чрезъ это уменьшится противодѣйствіе, производимое мятымъ паромъ движенію поршня и увеличится полезное дѣйствіе пара.

Наоборотъ, при уменьшеніи до извѣстной степени сѣченія отверстія конуса, увеличивается тяга и скорость горѣнія топлива на рѣшеткахъ, а слѣдовательно и паропроизводительность; причемъ давленіе мятаго пара дѣлается больше, а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличится до нѣкоторой степени и его сопротивленіе движенію поршней въ цилиндрахъ.

3) Рамы и поддерживающія части.

Рамы паровоза состоятъ изъ продольныхъ брусьевъ, связанныхъ по концамъ и въ разныхъ мѣстахъ длины поперечинами. Продольные брусья дѣлаются изъ прокатнаго или кованаго желѣза и котельнаго, а иногда и деревянные, обитые котельнымъ желѣзомъ; къ нимъ прикрѣпляется котелъ болтами или заклепками (при наружной оболочкѣ топки и при дымовой коробкѣ) и подпорками изъ котельнаго либо листоваго желѣза съ цилиндрической частью. Цилиндры также прикрѣпляются къ рамамъ болтами. Передній и задній поперечные брусья, наиболѣе дѣлаемые изъ дерева, связываютъ оконечности продольныхъ брусьевъ и въ тоже время служатъ для укрѣпленія крючковъ и цѣпей для связи паровоза съ повозками. На рамѣ устроена платформа, окружающая паровозъ или только помещенная сзади, гдѣ стоитъ машинистъ, управляющій регуляторомъ, рычагомъ для перемѣны хода, указательными кранами и т. д. Задняя часть платформы ограждена по бокамъ перилами, для безопасности машиниста и кочегаровъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ на рамахъ паровоза помѣщаются ящики съ топливомъ и баки съ водою.

Рама и вся машина съ котломъ, на ней лежащая, поддерживаются колеса-

ми, число паръ которыхъ обыкновенно бываетъ 3 или 4 и рѣдко болѣе (прежде-дѣлавшіеся четырехъ-колесные паровозы были оставлены, но теперь снова стали ихъ дѣлать). Относительно колесъ рамы могутъ быть *наружныя* и *внутреннія*, т.е. колеса могутъ быть снаружи продольныхъ брусьевъ или внутри ихъ. Колеса, въ числѣ которыхъ находятся и *ведущія*, насажены наглухо на оси кованнаго желѣза или литой стали. На осяхъ дѣлаются *шейки*, совершенно правильно выточенныя, на которыхъ лежатъ подшипники-бронзовые или изъ другаго подобнаго сплава, заключенные въ особыя оправы, называемыя *смазочными коробками*; во время движенія, шейки осей вращаются въ подшипникахъ и постоянно смазываются масломъ или жиромъ, помѣщеннымъ въ особыхъ углубленіяхъ вверху смазочныхъ коробокъ. — Смазочныя коробки принимаютъ грузъ паровоза посредствомъ стальныхъ рессоръ, прикрѣпленныхъ къ продольнымъ брусьямъ рамы; коробки эти вставлены въ направляющія части, или лапы, придѣланныя къ рамѣ, которыя связываютъ ихъ такимъ образомъ съ остальными частями машины, позволяя въ тоже время двигаться по вертикальному направленію соотвѣтственно изгибу рессоръ, которыя передаютъ на-

шинъ толчки, происходящіе отъ неровностей пути, ослабляя ихъ вліяніе. Колеса состоятъ изъ чугунной или кованнаго желѣза <u>ступицы</u>, <u>желѣзныхъ спицъ</u>, <u>обода</u>, который обыкновенно устраивается изъ сваренныхъ между собою частей, имѣющихъ въ поперечномъ сѣченіи форму T и придѣланныхъ къ концамъ спицъ — и наконецъ <u>шины</u> съ внутренней, относительно рельсоваго пути, закраиной, служащей для воспрепятствованія паровозу сойти съ рельсовъ. — Поверхность колесъ, которою онѣ катятся по рельсамъ, дѣлаютъ обыкновенно коническою, для большей устойчивости паровоза и удобства движенія по кривымъ частямъ пути. Для увеличенія силы тяги паровозовъ, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, <u>сдваиваютъ колеса</u>, т. е. соединяютъ съ ведущими одну или двѣ пары другихъ, посредствомъ шатуновъ. Сдвоенныя колеса должны имѣть діаметръ совершенно равный съ ведущими; ступицы ихъ уширены и въ уширенія эти вставлены <u>шипы</u>, играющіе роль шиповъ котылей; разстояніе центра этого шипа до центра колеса должно быть совершенно одинаково для сдвоенныхъ колесъ, которыя всѣ должны быть равнаго діаметра. Шипы соединены между собою шатунами. Когда паровозъ

имѣютъ наружные цилиндры, что соединяю-щіе шатуны наложены при ведущихъ коле-сахъ на тотъ-же самый шипъ мотыля, на который насаженъ и двигающій шатунъ, для чего этотъ шипъ и удлиняется.

Къ поперечнымъ брусьямъ рамы при-крѣпляются: къ переднему — упругіе боль-шіе буфера, а къ заднему тяги, ножницы для удержанія тендера въ по-стоянномъ разстояніи отъ паровоза.

Наконецъ для помѣщенія запасовъ топлива, воды и разныхъ принадлежно-стей устраивается особая повозка, называемая тендеромъ, помѣщаемая непосредственно сзади паровоза и состав-ляющая съ нимъ какъ бы одно цѣлое. Иног-да въ особыхъ случаяхъ запасы воды и топ-лива помѣщаются на самомъ паровозѣ, и тогда уже тендеръ не употреб-ляется.

Краткое это обозрѣніе даетъ толь-ко общее понятіе объ устройствѣ паро-воза и назначеніи составныхъ его час-тей. Все же здѣсь изложенное будетъ подробно разсмотрѣно въ послѣдующихъ частяхъ курса.

Разсмотримъ теперь дѣйствіе паровоза, какъ тяговой машины: пред-варительно котелъ наполняется во-дою на столько, чтобы горизонтъ ея былъ выше [illegible]

[illegible] зажигаютъ въ топкѣ топливо; [...]ъ теплоты вода будетъ обращаться въ паръ, который, занимая верхнюю часть котла и паровой куполъ, достигнетъ наконецъ до той упругости, при которой паровозъ можетъ работать. Тогда машинистъ открываетъ регуляторъ, закрывающій отверстіе паропроводной трубки, и паръ изъ паровага купола направляется паропроводною трубою къ цилиндрамъ и, распредѣляясь тамъ при помощи золотниковъ, приводитъ поршни въ движеніе, передающееся шатунами и мотылями оси ведущихъ колесъ. Ведущія колеса, приводимыя такимъ образомъ во вращательное движеніе, будутъ катиться по рельсамъ и перемѣщать свою ось, которая, оказывая давленіе на направляющія смазочныхъ коробокъ (лапы), сообщитъ движеніе рамѣ паровоза со всею лежащею на ней машиною. При такомъ движеніи рамы, оси поддерживающихъ колесъ будутъ увлекаться направляющими своихъ смазочныхъ коробокъ, а колеса катиться по рельсамъ. Такимъ образомъ весь паровозъ получитъ движеніе. Мятый же паръ, выходя изъ цилиндровъ и направляясь конусомъ въ дымовую трубу, будетъ усиливать тягу, а слѣдовательно горѣніе топлива и паропроизводительность. По мѣрѣ обращенія воды

ію паръ наружу и пополняется накачиваніемъ воды изъ тендера въ котелъ питательными приборами; наполненіе топлива въ топку производится обычнымъ накладываніемъ его по мѣрѣ сгоранія, чрезъ топочныя дверцы. Для остановки паровоза машинистъ закрываетъ регуляторъ, чѣмъ прекращается доступъ пара въ цилиндры и машина прекращаетъ свое дѣйствіе. Чтобы увеличить или уменьшить скорость движенія, нужно только увеличивать или уменьшать отверстіе паропроводной трубы, т. е. открыть больше или меньше регуляторъ, а также можно измѣнять скорость и притомъ сберечь топливо, дѣйствуя измѣненіемъ степени расширенія пара въ паровыхъ цилиндрахъ. Для перемѣны хода паровоза изъ прямого въ обратный и наоборотъ служатъ извѣстные приборы, напримѣръ кулиса Стефенсона и т. п.

Разсмотримъ теперь дѣйствіе паровоза какъ машины, служащей для перевозки грузовъ по желѣзной дорогѣ. Какъ было сказано, паровозъ въ общемъ видѣ представляетъ экипажъ на колесахъ, одна пара (или нѣсколько паръ) которыхъ должны быть приведены во вращательное движеніе паровою машиною паровоза. Положимъ теперь, что паровозъ установленъ на рельсы, сцѣпленъ съ поѣздомъ изъ нѣсколькихъ нагруженныхъ вагоновъ и со-

вершенно готовъ къ движенію. Открывая регуляторъ, мы приводимъ въ дѣйствіе паровую машину локомотива, которая будетъ стремиться вращать колеса паровоза и тѣмъ сообщить движеніе, какъ самому паровозу, такъ и всему поѣзду. При этомъ могутъ быть два случая: 1) или поѣздъ пріобрѣтетъ движеніе, что произойдетъ, когда паровозъ въ состояніи будетъ преодолѣть всѣ сопротивленія движенію, представляемыя поѣздомъ и 2) паровозъ не получитъ движенія, что будетъ при такомъ сопротивленіи поѣзда, котораго преодолѣть паровозъ не въ состояніи. Разберемъ второй случай, который также можетъ представляться въ двухъ видахъ, а именно: а) машины паровоза будутъ вращать колеса при стояніи его на мѣстѣ и б) онѣ не въ состояніи будутъ привести колеса во вращательное движеніе. а) Когда поѣздъ не можетъ быть сдвинутъ съ мѣста паровозомъ и ведущія колеса послѣдняго при дѣйствіи машинъ вращаются на мѣстѣ, то между ними и рельсами проявляется треніе перваго рода, которое, какъ извѣстно, будетъ зависѣть отъ нагрузки колесъ и рода матеріаловъ трущихся поверхностей. Треніе это, представляющее противодѣйствіе вращенію колесъ на одномъ мѣстѣ, гораздо больше того тренія, которое бы проявилось въ томъ случаѣ, еслибы колеса могли катиться

по рисунку, а именно случай, когда машина не можетъ вращать колесо, означенный буквою (в), имѣетъ мѣсто тогда, когда движущая сила будетъ меньше скользящаго тренія ведущихъ колесъ и рельса. Уменьшая сопротивленія поѣзда, т. е. его грузъ, мы можемъ дойти до такой величины сопротивленія поѣзда, при которомъ движеніе его начнется. Сила паровоза, движущая поѣздъ вращеніемъ колесъ и преодолѣвающая высшій предѣлъ сопротивленія поѣзда, называется *полною силою тяги паровоза*. Скользящее треніе между ведущими колесами и рельсами называется *сцѣпленіемъ* ведущихъ колесъ съ рельсами.

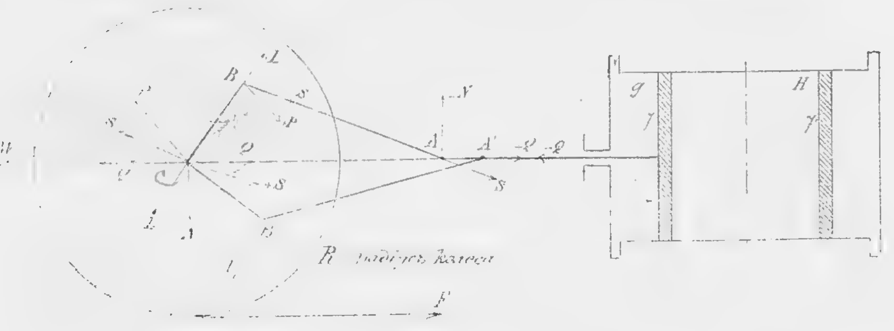
Замѣтимъ, что дѣйствіе паровоза какъ движителя обусловливается главнымъ образомъ тремя элементами: 1) *сцѣпленіемъ ведущихъ колесъ съ рельсами*, 2) *сопротивленіями поѣзда*, а также и самого локомотива движенію и 3) *силою его паровыхъ машинъ*. Кромѣ этого есть еще четвертый важный элементъ дѣйствія паровоза: *скорость* его движенія, зависящая отъ паропроизводительности котла паровоза. Разсмотримъ эти элементы дѣйствія паровоза подробнѣе.

Сцѣпленіе ведущихъ колесъ съ рельсами.

Сцѣпленіе ведущихъ колесъ съ рельсами или скользящее треніе между ними.

превышающееся въ случаѣ стоянія паровоз-ной сцѣпленіе при вращеніи его колесъ, какъ извѣстно, не зависитъ отъ діаметра колесъ, но только отъ нагрузки колесъ, отъ свойствъ матеріала, изъ котораго они сдѣланы: (въ нашемъ случаѣ будетъ желѣзо или сталь, если шины стальныя) и наконецъ отъ вида трущихся поверхностей. Поверхности какъ ведущаго колеса такъ и рельса представляютъ рядъ не замѣтныхъ для глазъ выступовъ и углубленій, которые входятъ одни въ другія и тѣмъ глубже, чѣмъ давленіе на колеса больше, такъ что колеса и рельсы представляютъ какъ-бы зубчатое колесо и зубчатую рейку.

Приступимъ теперь къ изложенію соотношеній, которыя существуютъ между сопротивленіемъ поѣзда, сцѣпленіемъ ведущихъ колесъ и движущею силою.



Пусть C будетъ движущая ось, CB и CB' мотыли, соединенные съ этой осью неподвижно и расположенные подъ прямымъ угломъ, BA и $B'A'$ шатуны, AF и $A'F'$ стержни поршней двухъ цилиндровъ G и H, изъ которыхъ G представляетъ

половины передняго цилиндра, а H — задняго, если смотрѣть на паровозъ сбоку.

Мы займемся разсмотрѣніемъ давленія пара на поршень цилиндра G и все сказанное будетъ примѣнимо къ давленію пара на поршень [illegible] H, съ тѣмъ только [illegible] различіемъ, что въ цилиндрѣ H давленіе пара на поршень будетъ съ противоположной стороны, что видно изъ чертежа.

Паръ, входя въ цилиндръ G, оказываетъ давленіе Q на поршень P и давленіе −Q противоположное и равное первому. Это послѣднее давленіе, дѣйствуя на днище цилиндра, въ которомъ укрѣпленъ стержень поршня, передается на ось колеса C по горизонтальному направленію. Сила эта на чертежѣ обозначена линіею CQ. Давленіе Q, обозначенное линіею AB, двигаетъ поршень по направленію, указанному стрѣлкой. Въ точкѣ A, гдѣ стержень соединяется съ шатуномъ, сила Q разлагается на двѣ силы, вертикальную −N и на другую по направленію шатуна S. Перенеся точку приложенія силы изъ A въ B и прикладывая къ точкѣ C двѣ силы S, −S, равныя и параллельныя S, мы получимъ пару силъ (S − S) и силу −S, приложенную въ C. Разлагая эту послѣднюю на силы вертикальную и горизонтальную, т. е. на Q и N, мы видимъ, что первая съ силою −Q уничтожится, а сила N съ силою −N составитъ пару (N, −N).

Итакъ сила давленія пара преобразовалась въ двѣ силовыя пары $(S-S)$ и $(N-N)$. Разлагая силы S и $-S$ на силы по направленію плеча пары и направленію къ нему перпендикулярному, получимъ четыре силы P, L, $-P$, $-L$, изъ которыхъ L и $-L$ уничтожаются, а $(P-P)$ составляетъ новую пару. — Замѣтимъ, что пара $(P-P_1)$ имѣетъ своимъ плечомъ линію $CB = CB' = r$, а пара $(N-N)$, силы которой перпендикулярны направленію поступательнаго движенія паровоза, имѣетъ своимъ плечомъ разстояніе ведущихъ колесъ C отъ точки соединенія стержня съ шатуномъ.

Поступая совершенно подобнымъ образомъ съ давленіемъ пара въ цилиндрѣ II, мы преобразуемъ его въ двѣ какія нибудь пары (P_1-P_1) и (N_1-N_1), изъ которыхъ первая имѣетъ своимъ плечомъ линію $CB' = r$, а вторая, силы которой перпендикулярны къ поступательному движенію паровоза, имѣетъ плечомъ разстояніе оси ведущихъ колесъ C отъ точки соединенія стержня съ шатуномъ.

Изъ четырехъ паръ сихъ $(P-P_1)$, (P_1-P_1), $(N-N)$, (N_1-N_1) только первыя двѣ способны, вообще говоря, произвести движеніе; остальныя же двѣ, имѣя силы направленными перпендикулярно движенію, произвести движенія не могутъ и имѣютъ только вліяніе на сопротивленія, не измѣняя ихъ направленія.

Обозначимъ теперь сопротивленіе ко-

ѣзды черезъ горизонтальную силу W, приложенную къ срединѣ оси C въ плоскости, перпендикулярной къ сей послѣдней, а сопротивленіе движенію, происходящее отъ тренія колесъ съ рельсами, черезъ горизонтальную силу F, направленную по vF. Такъ какъ силы движущія и силы сопротивленія въ нашемъ случаѣ дѣйствуютъ въ параллельныхъ плоскостяхъ, то, чтобы движеніе имѣло мѣсто, необходимо и достаточно, чтобы сумма проэкцій силъ движущихъ и силъ сопротивленія на двѣ какія нибудь оси координатъ равнялись нулю и сумма моментовъ этихъ силъ относительно какой нибудь точки, лежащей въ плоскости координатъ, равнялась также нулю.

Пусть линіи горизонтальная и вертикальная представляютъ оси координатъ x и y и пусть точка, относительно которой будемъ брать моменты силъ, будетъ C. Проэкціи паръ силъ $(P-P)$ и (P_1-P_1) на каждую изъ осей $= 0$, проэкціи сопротивленія на вертикальную линію $= 0$; на горизонтальную будемъ имѣть $W + F = 0$. Чтобы это равенство имѣло мѣсто, необходимо и достаточно, чтобы силы были равны по величинѣ и противоположны по направленію, т. е.

$$W = F \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Далѣе сумма моментовъ относительно точки C должна быть равна нулю, т. е.

$$FR = (P + P_1)r, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

гдѣ R радіусъ ведущаго колеса.

Изъ уравненій (1) и (2) имѣемъ:

$$W R = (P + P_1) r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Формула (1) показываетъ намъ, что во все время движенія сопротивленіе поѣзда не должно превосходить тренія ведущихъ колесъ съ рельсами.

Наибольшій предѣлъ силы тренія колесъ съ рельсами будетъ въ случаѣ скользящаго тренія, названнаго нами сцѣпленіемъ ведущихъ колесъ съ рельсами, поэтому высшій предѣлъ сопротивленія поѣзда равенъ сцѣпленію ведущихъ колесъ съ рельсами, величина котораго есть $\underline{fP}$, гдѣ $\underline{P}$ означаетъ давленіе колеса на рельсъ и $\underline{f}$ коэффиціентъ скользящаго тренія.

Итакъ равенства $W = F$ и $F R = (P + P_1) r$ должны имѣть мѣсто во все время движенія для сопротивленія поѣзда maximum. Послѣднее равенство указываетъ намъ на то отношеніе, которое должно существовать между силою движущей и сцѣпленіемъ ведущихъ колесъ съ рельсами.

Для правильнаго движенія и отвращенія боксованія колесъ необходимо, чтобы:

$$fP > W \quad \text{и} \quad fPR > (P + P_1) r.$$

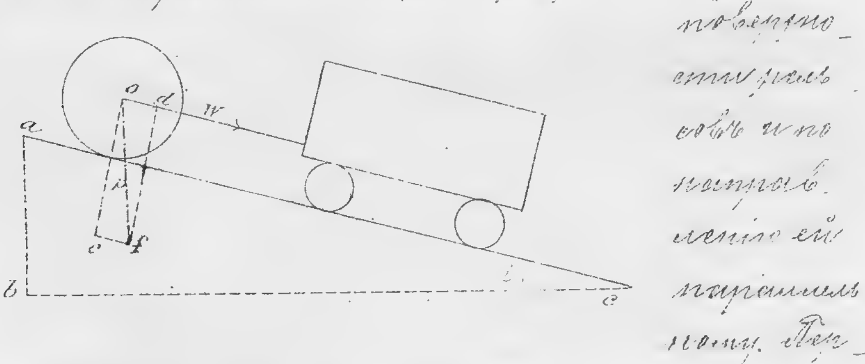
Изъ всего вышесказаннаго дѣлается теперь очевиднымъ, что какъ-бы движущая сила велика не была, поѣздъ не сдвинется съ мѣста, если его сопротивленіе больше сцѣпленія ведущихъ колесъ съ рельсами, что же касается движущей силы, то она, при данномъ $\underline{W}$ меньшемъ или равномъ $\underline{fP}$ всегда

можетъ быть найдена помощію R и f.

Замѣтимъ, что сила F, если она только не равна своему предѣлу, т. е. fP, называется касательнымъ усиліемъ ведущихъ колесъ.

Въ заключеніе можно замѣтить, что невозможно заставить работать ведущія колеса при высшемъ предѣлѣ касательнаго усилія ведущихъ колесъ, равномъ fP, ибо отъ случайныхъ причинъ сопротивленіе поѣзда можетъ увеличиться, а сцѣпленіе ведущихъ колесъ съ рельсами уменьшиться, и потому сопротивленіе поѣзда всегда составляетъ нѣкоторую часть fP.

Перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію обстоятельствъ, измѣняющихъ какъ сопротивленіе поѣзда, такъ и сцѣпленіе ведущихъ колесъ съ рельсами. — Положимъ, что паровозъ ведетъ поѣздъ по пути, уклонъ котораго $= i$. Тогда нагрузка ведущихъ колесъ разложится по направленію, перпендикулярному къ поверхности рельсовъ и по направленію ей параллельному.



Первая составляющая будетъ производить сцѣпленіе ведущихъ колесъ, а вторая присоединится къ сопротивленіямъ, преодолѣваемымъ паровозомъ.

Такъ какъ сцѣпленіе равно, какъ вышесказали, скользящему тренію: т. е. $= f_1 P$, гдѣ P нагрузка колесъ при горизонтальномъ пути, а f_1 — коэффиціентъ тренія, то въ настоящемъ случаѣ, положивъ, что коэффиціентъ тренія остался тотъ-же, видимъ, что уклонъ уменьшаетъ сцѣпленіе. Выведемъ величину составляющей нагрузки колесъ нормальной къ пути, т. е. силу P_1; изъ подобія треугольниковъ abc и bfe получимъ, что $ef : ac = ae : bc$, т. е.

$$\frac{P_1}{P} = \frac{bc}{ac}\ ;\quad ac = \sqrt{bc^2 + bc^2 i^2} = bc\sqrt{1+i^2},$$

слѣдовательно:

$$\frac{P_1}{P} = \frac{1}{\sqrt{1+i^2}}\ ;$$

предположимъ, что $P = 8000$ килограммовъ (нагрузка на пары ведущихъ колесъ) а $i = 0{,}01$ уклонъ довольно большой для желѣзной дороги, то

$$P_1 = 8000 \times \frac{1}{\sqrt{1+(0{,}01)^2}} = 7999 \text{ килогр.}$$

Изъ этого видно, что уклоны имѣютъ довольно слабое вліяніе на сцѣпленіе колесъ. Наоборотъ они весьма значительно увеличиваютъ сопротивленіе движенію поѣзда; такъ въ нашемъ случаѣ параллельная пути составляющая одной нагрузки колесъ, прибавленная къ сопротивленіямъ, будетъ равна 79,9 килогр. (4,87 пуд.). Поэтому для паровоза везущаго одинъ и тотъ-же поѣздъ на горизонтальной части пути и на подъемѣ, въ первомъ случаѣ сцѣпленіе будетъ больше и притомъ касательное усиліе меньше, чѣмъ во второмъ случаѣ. Этимъ и объ-

меняется доказанное опытами, именно стиранiе шинъ колесъ паровозовъ, ходящихъ по подъемамъ, сравнительно съ паровозами(*), движущими одинаково грузные поѣзды по горизонтальному пути. Изъ опытовъ найдено, что коэффицiентъ сцѣпленiя f_1 равенъ приблизительно $\frac{1}{3}$ (въ самыхъ благопрiятныхъ случаяхъ), но можетъ въ значительной степени уменьшаться, смотря по состоянiю поверхностей колесъ и рельсовъ, а потому для практики обыкновенно принимаютъ коэффицiентъ $f_1 = \frac{1}{6}$ или даже $\frac{1}{8}$, и сообразно этому разсчитываютъ нагрузку ведущихъ колесъ для даннаго сопротивленiя. Такъ какъ наибольшее сопротивленiе должно быть равно сцѣпленiю, т. е. $W = Pf_1$, то изъ этого равенства $P = \frac{W}{f_1}$; предположивъ, что наибольшее сопротивленiе поѣзда равно 1000 килограммовъ (61 пуду), а $f_1 = \frac{1}{8}$, мы найдемъ, что ведущiя колеса должны быть нагружены 8000 килогр. (488 пуд.).

Сцѣпленiе ведущихъ колесъ могутъ случайно уменьшить слѣдующiя причины:

1) Гладкость рельсовъ, произведенная прежде проходившими паровозами, колеса которыхъ скользили (боксовали) и тѣмъ, такъ

(*) Также и рельсы изнашиваются на уклонахъ скорѣе, чѣмъ на горизонтальномъ пути, поэтому полезно на уклонахъ класть стальные рельсы; шины-же паровозныхъ колесъ всегда теперь дѣлаютъ изъ литой стали.

сказать, полированные рельсы.

2) Жирное состояніе поверхностей рельсовъ и шинъ, могущее произойти отъ неосторожности смазыванія частей паровозовъ, причемъ масло капаетъ на рельсы или течетъ по колесамъ. Это состояніе пути особенно часто бываетъ на станціяхъ.

3) Сырость рельсовъ, происходящая отъ тумановъ, близости лѣса и т. п., въ туннеляхъ въ особенности.

4) Покрытіе рельсовъ снѣгомъ или инеемъ.

Наоборотъ сцѣпленіе могутъ увеличить слѣдующія причины:

1) Ржавчина, покрывающая рельсы и дѣлающая ихъ менѣе гладкими.

2) Совершенное смачиваніе рельсовъ сильнымъ дождемъ.

3) Присутствіе песка на рельсахъ; песокъ, какъ мы ниже увидимъ, употребляется для искусственнаго увеличенія сцѣпленія ведущихъ колесъ, подсыпая его помощію особыхъ снарядовъ на рельсы.

Сопротивленіе поѣздовъ движенію.

Сопротивленіе это слѣдуетъ разсмотрѣть отдѣльно:

1) При движеніи поѣзда по прямому горизонтальному пути и при обыкновенномъ состояніи погоды.

2) При движеніи поѣзда по пути

и при [illegible] прочихъ обстоятельствахъ.

3) При движеніи поѣзда въ кривыхъ частяхъ пути "

4) При движеніи поѣзда со дѣйствіемъ сильнаго вѣтра.

1) Въ сопротивленіи движенію поѣзда по прямому горизонтальному пути при обыкновенномъ состояніи погоды входятъ четыре величины: 1) треніе по окружности катящихся колесъ вагоновъ; 2) треніе въ подшипникахъ осей вагонныхъ колесъ; 3) сопротивленіе воздуха и 4) потеря живой силы отъ ударовъ и толчковъ, производимыхъ неровностями рельсоваго пути.

1) Треніе катящихся колесъ, какъ извѣстно, пропорціонально давленію на нихъ и обратно пропорціонально ихъ діаметру. Послѣдняя пропорціональность была найдена Мореномъ, но новѣйшіе опыты Дюпюи и Бушенои, при содѣйствіи самаго Морена, показали, что треніе обратно пропорціонально не діаметру колесъ, а корню квадратному этого діаметра. Во всякомъ случаѣ изъ этого видно, что выгодно дѣлать колеса большаго діаметра, такъ что по вычисленію Дюпюи употребленіе вагонныхъ колесъ въ 1,2 м. = (0,56 саж.) діаметромъ вмѣсто 0,9 м. (0,42 саж.) уменьшаетъ полное сопротивленіе поѣзда движенію слѣдующимъ образомъ:

Для товарныхъ поѣздовъ на 12%.

Для поѣздовъ средней скорости на 6%.

Для поѣздовъ курьерскихъ на 3%.

Происходящее отсюда уменьшеніе издержекъ на топливо въ нѣкоторой степени уравновѣшивается, однако, увеличеніемъ первоначальной стоимости колесъ. Вообще діаметръ вагонныхъ колесъ не превосходитъ 1 метра (0,47 саж.) и нагрузка на колесо 3,5 тоннъ. Поэтому треніе это выразится чрезъ $\frac{(P+p)f}{\sqrt{D}}$ или $\frac{(P+p)f}{D}$, гдѣ P весь грузъ, лежащій на колесахъ, p - вѣсъ осей колесъ, D - діаметръ колесъ и f - коэффиціентъ тренія; величина $\frac{f}{\sqrt{D}}$ или $\frac{f}{D}$ для колесъ діаметромъ отъ $0,9^m$ до 1^m (0,42 - 0,47 саж.) равна около 0,001.

2) Треніе въ осяхъ будетъ обыкновенное скользящее треніе и равно $f_1 P$, но какъ мы относимъ всѣ сопротивленія къ длинѣ пути, проходимаго поѣздомъ или окружностью вагонныхъ колесъ, то величину тренія должно умножить на отношеніе путей, проходимыхъ окружностью шейки оси и окружностью колеса, т. е. на $\frac{d}{D}$, гдѣ d діаметръ шейки оси, такъ что треніе въ осяхъ будетъ равно: $f_1 P \frac{d}{D}$, здѣсь f_1 при хорошей смазкѣ можетъ быть принято равнымъ 0,05. По новѣйшимъ опытамъ Вильсона на Восточной французской желѣзной дорогѣ коэффиціентъ тренія въ смазочной коробкѣ при смазкѣ масломъ равенъ 0,018, при смазкѣ саломъ 0,032. Можно ожидать мало вліянія на смазку масломъ, также какъ при смазкѣ саломъ въ холодное время сопротивленіе.

увеличивается до 50%. Коэффиціентъ тренія паровозной меди (при смазкѣ масломъ) равенъ 0,052. Также по Орлеанской желѣзной дорогѣ найдено, что отношеніе между коэффиціентами тренія при смазкѣ саломъ и масломъ = 1,3; при этомъ надо замѣтить, что разница въ сопротивленіяхъ при той или другой смазкѣ ощутительна только при началѣ движенія, а по проходѣ поѣздомъ отъ 18 до 20 километровъ (17–19 верстъ) дѣлается нечувствительной. — Отношеніе $\frac{d}{D}$ для вагоновъ прежней конструкціи, употреблявшихся при началѣ желѣзныхъ дорогъ, равнялось $\frac{1}{20}$; для вагоновъ, нынѣ употребляемыхъ, это отношеніе можетъ быть принято въ $\frac{1}{14}$. Діаметръ шейки долженъ быть такой, чтобы давленіе на 1 квадр. дюймъ трущейся поверхности не превосходило 12 пудовъ или на 1 квадратный сантиметръ 30 килограммовъ; въ противномъ случаѣ смазка будетъ выдавливаться и не дѣйствовать. При обыкновенныхъ размѣрахъ вагонныхъ осей это правило почти выполняется; въ самомъ дѣлѣ нагрузка на колеса не превосходитъ 3500 килогр. (215 пуд.) для колесъ въ 1 метръ (0,47 саж.) діаметромъ, шейка оси имѣетъ 16 сантиметр. (6¼ д.) длины и слишкомъ 3" въ діаметрѣ или около 10" (25 сантиметровъ) въ окружности; нагрузка дѣйствуетъ только на ⅓ этой окружности, т. е. на 3,33 дюйма (8 сантиметровъ), такъ что трущаяся

Ординарный Профессоръ [illegible]

[illegible] стороны длиною 6",25 × 3",33 = 20,8 квадр. дюймамъ (128 сантиметрамъ) и слѣдовательно на 1 квадратный дюймъ: $\frac{215}{20,8}$ = 10,33 пуда (2,84 килограмма на 1 квадратный сантиметръ).

3° Сопротивленіе воздуха движенію поѣзда. Опыты, произведенные въ Брестѣ морскимъ лейтенантомъ Тибо, показали, что сопротивленіе воздуха движенію плоской призмы съ квадратнымъ основаніемъ, поставленной параллельно направленію движенія, выражается чрезъ:

$$R = Q . E A v^2,$$

гдѣ Q = 0,0625 — постоянный коэффиціентъ, E — коэффиціентъ, зависящій отъ отношенія ребра призмы къ сторонѣ ея основанія; A — основаніе призмы въ квадратныхъ метрахъ, v — скорость призмы относительно воздуха въ метрахъ въ 1 секунду.

Если ребро призмы = утроенной стороны основанія, то E = 1,10.

Если ребро призмы = сторонѣ основанія, то E = 1,17.

Если оно гораздо меньше (тонкая пластинка), то E = 1,47.

Опыты Тибо показали также, что если двѣ плоскихъ квадратныхъ площадки помѣщены одна за другою, такъ что одна совершенно закрываетъ другую, то сопротивленіе, встрѣчаемое вторымъ квадратомъ, [illegible] когда онъ [illegible] 4.

щенъ очень близко за первымъ и равно 0,7 сопротивленія вертикальнаго прямоугольника квадратной, когда разстояніе между ними = сторонѣ фигуры. Если бы вторая площадь была больше первой, то можно вычислить сопротивленіе, встрѣчаемое ею, допуская, что одна часть этой площади непосредственно встрѣчаетъ воздухъ, а другая защищается первою.

Кромѣ этого изъ опытовъ Тибо слѣдуетъ еще, что для площади А, составляющей уголъ α съ направленіемъ движенія, сопротивленіе воздуха равняется сопротивленію А, въ которомъ А должно быть замѣнено $A \cdot \sin\alpha$, т. е. проекціей площади А на плоскость, перпендикулярную направленію движенія. Пользуясь, главнымъ образомъ выводами Тибо и мнѣніемъ Дюбуа къ сопротивленію воздуха движенію поѣзда, — имѣемъ, что полное сопротивленіе поѣзда будетъ выражаться: $0,0125 \times (A + nm) \cdot C_0 v^2$, гдѣ A[*] площадь проекціи поѣзда на плоскость перпендикулярную къ направленію движенія. n — число вагоновъ, включая сюда тендеръ и паровозъ.

---

[*] Въ этомъ случаѣ въ площадь А войдутъ всѣ части, непосредственно принимающія дѣйствіе воздуха, такъ что A равно проекціи всего поѣзда на площадь, перпендикулярную къ направленію движенія.

n - удѣльный процентъ A на каждый по-слѣдовательный вагонъ, начиная со вто-рого включительно.

ε_n - коэффиціентъ, измѣняющійся вмѣстѣ съ n, по изслѣдованіямъ Пикдура, именно: для одного вагона 1,15, для двухъ - 1,17, для 15^{ти} 1,65, для 25^{ти} - 1,74.

Величины A и a должны быть опре-дѣлены непосредственными измѣреніями. Правила опредѣленія этихъ величинъ мож-но найти у Пикдура въ „Traité des lo-comotives". Для приблизительнаго опредѣ-ленія сопротивленія воздуха при различ-ныхъ типахъ употребительныхъ вагоновъ мо-жно принять формулы Гардинга и Сентъ-[illegible].

1) Гардинга — 0,0003042 Av^2
2) Сентъ-[illegible] — 0,0000024 Av^2 } въ пудахъ

Гдѣ A площадь поѣзда (какъ прежде) въ квадратныхъ футахъ измѣняется отъ 55 до 75 кв. ф.

M - объемъ всего поѣзда въ куб. ф.

v - скорость въ верстахъ въ часъ.

Обыкновенная формула для француз-скихъ линій будетъ: R сопротивленіе въ $\frac{1}{100}$ килограммахъ $= 0,00[illegible]4\, \omega v^2$, гдѣ v въ кило-метрахъ въ часъ, а A въ квадратныхъ метрахъ. (ω = 7 для курьерскихъ и 14 для товарныхъ). Формула эта не зависитъ отъ числа вагоновъ и потому не вполнѣ справедлива, но даетъ весьма близкіе ре-

[illegible].

4) Сопротивленiе отъ неровностей пу-
ти, стыковъ рельсъ и неплавности
движенiя поъзда. Причины эти, происхо-
дя также и отъ сотрясенiя, имъютъ послъд-
ствiемъ потерю живой силы поъзда, а
потому сопротивленiе, отсюда происходя-
щее, должно быть пропорцiонально [illegible]
[illegible] поъзда и квадрату скорости его движе-
нiя, т.е. $R_4 = \alpha \cdot P \cdot v^2$, гдъ α - численный
коэффицiентъ. По формулъ Гарндинга эти
сопротивленiя $R = 0{,}004 \, v \, P$, гдъ P - въсъ [illegible]
[illegible] поъзда въ тоннахъ и v скорость въ
километрахъ въ часъ. Въ этой формулъ
R принято пропорцiональнымъ первой степени
v

и потому результаты, для насъ полу-
ченные, [illegible] для большихъ ско-
ростей и потому върнъе, согласно Вейсба-
ху, полагать, что R пропорцiонально v^2
и опредълить коэффицiентъ α, [illegible]
[illegible]. Формулы Гарндинга даютъ вър-
ные выводы для величинъ скоростей отъ
60 до 100 километровъ (54 - 96 кил.) въ часъ
и положивъ, что для скорости въ 80 кило-
метровъ въ часъ результаты одинаковы [illegible]
[illegible], получимъ [illegible] $\alpha \cdot v^2$, откуда
и опредълится $\alpha = 0{,}0006125$. Такъ что
$R_4 = 0{,}0006125 \cdot v^2 \cdot P$ для метрической систе-
мы мъръ.

Взявъ сумму всъхъ сопротивленiй, по-

служитъ для полнаго сопротивленія движенію поѣзда по горизонтальному пути. Во всѣхъ этихъ величинахъ вѣсъ поѣзда представляетъ вѣсъ самихъ вагоновъ съ нагрузкою.

Обыкновенно это полное сопротивленіе, которое мы назовемъ чрезъ W, опредѣляется по эмпирической формулѣ Гардинга, которая даетъ хорошіе результаты для скоростей, какъ уже было сказано, отъ 60 до 100 километровъ въ часъ, при грузѣ поѣздовъ отъ 20 – 100 тоннъ (1240п. – 6200п.). По этой формулѣ будемъ:

$$W = 2,72 \mathcal{P} + 0,094 v \mathcal{P} + 0,00484 A v^2,$$

гдѣ W выражено въ килограммахъ, $\mathcal{P}$ - грузъ поѣзда въ тоннахъ, и v въ километрахъ въ часъ; первый членъ представляетъ сопротивленіе тренія колесъ и осей; второй и третій представляютъ сопротивленія отъ ударовъ и сотрясеній и сопротивленій воздуха. Въ эту формулу не введено сопротивленіе паровоза, какъ экипажа, а также треніе въ его частяхъ, какъ паровой машины (это сопротивленіе мы разсмотримъ ниже) и потому W надо увеличивать на 25% для товарныхъ. Гуаръ и Собашъ, Гучъ, Полонсо сдѣлали ряды опытовъ надъ сопротивленіемъ поѣзда движенію. По опытамъ Полонсо, при равенствѣ вѣсовъ, сопротивленіе поѣзда порожнихъ вагоновъ почти больше сопротивленія поѣзда нагружен-

ней. Это происходитъ отъ того, что сопротивленіе воздуха не зависитъ отъ нагрузки вагоновъ и будетъ больше для такого же по вѣсу поѣзда, составленнаго изъ порожнихъ вагоновъ, чѣмъ для составленнаго изъ нагруженныхъ. Тоже сопротивленіе увеличивается, если нагруженные вагоны будутъ поставлены въ заднюю половину, а порожніе въ голову; кромѣ того такое распредѣленіе вагоновъ опасно, ибо задніе, напирающіе большею массою, вслѣдствіе инерціи при уменьшеніи скорости и остановкахъ нажимать на переднія, что не должно быть допускаемо. — Всѣ, приведенныя выше данныя для опредѣленія сопротивленій, имѣютъ точныя значенія только для того подвижнаго состава, надъ которымъ дѣлались опыты для ихъ опредѣленія; для всякаго же другаго они не дадутъ точнаго результата; напримѣръ числа, выведенныя изъ опытовъ надъ подвижнымъ составомъ французскихъ желѣзныхъ дорогъ не могутъ быть пригодными для подвижнаго состава Николаевской дороги, имѣющаго совершенно другое устройство. Для приблизительнаго опредѣленія сопротивленія поѣзда можно употреблять формулы Гарунга — какъ болѣе упрощенныя и дающія желаемые результаты довольно близкіе къ дѣйствительности. Въ замѣнъ формулы Гарунга употребляется еще фор-

мула Кларка, которая имѣетъ видъ для англійскихъ дорогъ:

$$W = \frac{v^2}{171} + 80$$

для французскихъ:

$$W^{кил.} = 0,001024\, v^2 + 3^{к},63,$$

гдѣ W представляетъ сопротивленіе въ килограммахъ на 1 тонну поѣзда, включая паровозъ и тендеръ. Формула эта не такъ точна, какъ формулы Баркинга. Болѣе точныя и раціональныя формулы составлены инженерами Вишняковымъ, Петровымъ и Дюфуромъ, а именно:

1) Для товарныхъ поѣздовъ:

а) $W = 1,65 + 0,05\, v$ при смазкѣ масломъ

б) $W = 2,30 + 0,05\, V$ " " саломъ

при v отъ 15 до 32 километровъ въ часъ.

2) Для всякаго рода поѣздовъ:

$$W = 1,80 + 0,08\, v + \frac{0,009\, S\, v^2}{P}$$

при v отъ 32 до 50 километровъ

$$W = 1,80 + 0,06\, v + \frac{0,006\, S\, v^2}{P}$$

при v отъ 50 до 65 километровъ

$$W = 1,80 + 0,14\, v + \frac{0,004\, S\, v^2}{P},$$

при v отъ 70 километровъ и выше,

гдѣ W — сопротивленіе поѣзда въ килограммахъ на тонну на горизонтальномъ прямомъ пути, v скорость въ километрахъ въ часъ, S — площадь проекціи поѣзда на плоскость, перпендикулярную движенію, P вѣсъ поѣзда въ тоннахъ.

Пользуясь этимъ выраженіемъ сопротивленія силой тяги безъ паровоза

и тренія; для опредѣленія полнаго со-противленія всего поѣзда можно (какъ вы-ше замѣчено) увеличить сопротивленіе на 20% или 25%, или, просто, включая въ вѣсъ поѣзда (*) и вѣсъ паровоза съ тендеромъ. При этомъ надо замѣтить, что сопротивленіе паровоза можно раздѣлить на двѣ части: 1) сопротивленіе его какъ экипажа и 2) сопротивленіе его какъ паровой машины. Включая вѣсъ паровоза въ вѣсъ поѣзда, мы включаемъ и сопротивленіе его какъ экипажа.

Кромѣ сопротивленія паровоза движенію, какъ экипажа, въ немъ еще проявляются внутреннія сопротивленія отъ тренія частей механизма. Это сопротивленіе въ точности неизвѣстно, хотя и много сдѣлано было опытовъ, но всѣ они дали довольно различные другъ отъ друга результаты (*)(*). Первый, кто опредѣлилъ это сопротивленіе, былъ Памбуръ, который нашелъ, что оно равно 0,5 кило-

---

(*) принимая тогда за площадь A проэкцію всего поѣзда съ паровозомъ. Многіе принимаютъ A = 5 квадратнымъ метрамъ для всякаго рода поѣздовъ:

(*)(*) Это совершенно понятно, ибо сопротивленіе это зависитъ отъ весьма многихъ причинъ, какъ-то: отъ устройства механизма, отъ правильности сборки, содержанія и т. п.

грамма (0,03 пуд.) на каждую тонну поѣзда. Изъ другихъ опытовъ болѣе точными считаются опыты Лешателье, который опредѣлилъ это сопротивленіе для трехъ типовъ паровозовъ, а именно:

1) Для пассажирскаго поѣзда большой скорости, вѣсомъ въ 25 тоннъ съ тремя парами колесъ, изъ нихъ только одна ведущая.

2) Для паровоза товарно-пассажирскаго, въ 24 тонны вѣсомъ, съ тремя парами колесъ, изъ коихъ двѣ связаны парными шатунами.

3) Для товарнаго паровоза съ шестью связанными колесами, вѣсомъ въ 28 тоннъ.

Величины внутреннихъ сопротивленій отъ тренія частей механизма, найденныя Лешателье, были слѣдующія, при нормальномъ движеніи паровозовъ:

Пассажирскій паровозъ – 287,16 килогр. (17,53 пуд.) или на 1 тонну 11,48 килогр. (0,69 пуд.)

Товарно-пассажирскій – 320,46 килогр. (19,55 пуд.) или на 1 тонну 13,33 килогр. (0,81 пуд.)

Товарный – 448,00 килогр. (27,88 пуд.) или на 1 тонну 16,00 килогр. (0,98 пуд.).

Инженеры Гебгардтъ, Вильменъ и Дешанъ вывели изъ своихъ опытовъ менѣе

[illegible] цифры для сопротивленія паровоза, а именно:

для пассажирскихъ и товарно-пассажирскихъ отъ 2 до 3 килограммовъ на 1 тонну

" [illegible] товарнаго отъ 6 до 7 килогр. на 1 тонну

" [illegible] около 20 килогр. на 1 тонну.

Цифры эти показываютъ сопротивленіе паровоза съ тендеромъ и заключаютъ въ себѣ сопротивленіе машинъ и механизма.

Подобные этимъ величины даны для того, чтобы показать полное сопротивленіе, испытываемое поѣздомъ съ локомотивомъ на горизонтальномъ пути и прямомъ, именно къ выведенному выше сопротивленію W прибавить силу $Q\rho$, гдѣ Q вѣсъ локомотива съ тендеромъ, а ρ сопротивленіе на 1 тонну вѣса паровоза, для различныхъ родовъ паровозовъ. Внутреннее сопротивленіе паровоза, какъ паровой машины, отъ тренія частей механизма можно разсматривать въ свою очередь изъ двухъ частей: 1) треніе, которое не зависитъ отъ сопротивленія поѣзда W, какъ напримѣръ треніе въ золотникахъ, поршняхъ, приборахъ и т. п. и 2) треніе, увеличивающееся вмѣстѣ съ сопротивленіемъ W, а именно: треніе въ шипахъ

поршней, въ салазкахъ стержня поршня и т. п. Ни одни изъ опытовъ не дали не только этихъ отдѣльныхъ частей, но даже вѣрнаго значенія для ихъ суммы. Надо замѣтить, что сопротивленіе поѣзда вычисляется для двухъ цѣлей: 1) для опредѣленія сцѣпленія ведущихъ колесъ паровоза и 2) для опредѣленія силы машины паровоза. При опредѣленіи сцѣпленія ведущихъ колесъ за сопротивленіе должно быть принято (какъ не трудно видѣть) а) сопротивленіе всѣхъ вагоновъ и тендера, в) треніе катанія колесъ паровоза и с) треніе въ шейкахъ осей не связанныхъ шатунами колесъ паровоза; при опредѣленіи же силы машины паровоза должно кромѣ сопротивленій а, в и с принять еще сопротивленіе механизма паровоза (т. е. сопротивленіе его какъ паровой машины); въ хорошо устроенныхъ паровозахъ можно положить, что эти послѣднія сопротивленія поглощаютъ $\frac{1}{5}$ или 20% работы полезнаго давленія пара на поршни.

II. Сопротивленіе, встрѣчаемое поѣздомъ при движеніи по подъемамъ и скатамъ.

Положимъ, что поѣздъ двигается

[illegible] по пути, уклонъ котораго равенъ i, т. е. $tg\,\alpha = i$, то вѣсъ поѣзда P разложится на силу $P.\cos\alpha$ перпендикулярную къ плоскости пути и силу $P.\sin\alpha$, параллельную этой плоскости, которая будетъ сопротивляться движенію; сила же $P.\cos\alpha$ будетъ производить треніе въ колесахъ. Слѣдовательно въ полномъ сопротивленіи W надо вмѣсто P (полнаго вѣса поѣзда) подставить $P\cos\alpha$, въ членъ, выражающій треніе, и прибавить членъ $P.\sin\alpha$; другія же сопротивленія, т. е. сопротивленіе воздуха, сопротивленіе отъ толчковъ, внутреннее треніе частей паровоза не измѣнятся, что очевидно.– Впрочемъ, такъ какъ допускаемые на желѣзныхъ дорогахъ уклоны очень малы, то обыкновенно принимаютъ, что $\cos\alpha = 1$, а $\sin\alpha = tg\,\alpha = i$ и тогда прибавляющійся членъ будетъ равенъ Pi; пусть вѣсъ поѣзда выраженъ въ тоннахъ, то, положивъ, что $P = 1$ тоннѣ, а $i = 0,001$, то прибавляющееся отъ подъема сопротивленіе будетъ равно 0,06 пуда. При $i = 0,002$ оно $= 0,12$ пуда и т. д., такъ что на каждую тысячную уклона или на каждую тысяч–

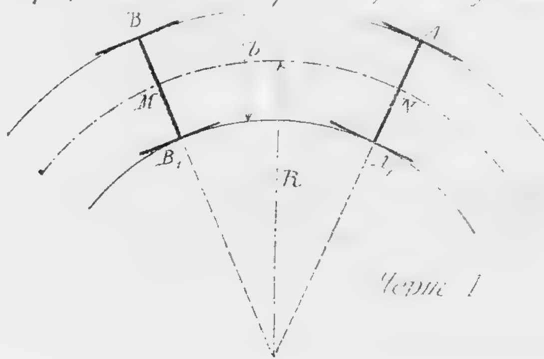
щую стоянки поѣзда [illegible] при
-мѣненіи [illegible] и на кривыхъ [illegible]
нію [illegible] съ [illegible] сопротивле-
нія увеличивается сумма [illegible]
[illegible] на 0,04 пуда. Такъ для товарныхъ [illegible]
[illegible] уклонъ 0,005 [illegible]
[illegible]. Изъ этого видно, какое вліяніе
[illegible] уклоны на движеніе поѣздовъ.
Въ горныхъ странахъ по необходимости
приходится очень крутые уклоны, на
которыхъ обыкновенный паровозъ [illegible]
не могъ бы [illegible]
дороги съ крутыми уклонами [illegible]
[illegible] особенныхъ паровозовъ [illegible]
[illegible] описаніе [illegible]. Наибольшій уклонъ
[illegible] уклоновъ на существующихъ паро-
возныхъ желѣзныхъ дорогахъ, сколько из-
вѣстно, составляетъ 0,056 - именно на
переходѣ [illegible]
восточнымъ склонамъ [illegible] въ Сѣвер-
ной Америкѣ, въ [illegible] Виргиніи.
На желѣзной дорогѣ Балтимора - Огайо.
Затѣмъ временно допущенъ уклонъ въ 0,1, на
нѣкоторыхъ перевалахъ въ 0,05. У насъ, въ
Россіи, уклоны [illegible] до-
рогъ, по установленіямъ Правительства,
не должны превосходить въ настоящее
время 0,010.

Если же на желѣзной дорогѣ на-
ходятся части съ уклонами различной
величины, то [illegible], [illegible]

для нихъ не измѣняется, т. е. тѣ-же самые паровозы везутъ поѣзда, не останавливаясь и по горизонтальнымъ частямъ и по уклонамъ, то въ членѣ $P \cdot \sin\alpha$, прибавляющійся къ сопротивленію W, должно вставить α, соотвѣтствующее наибольшему уклону желѣзной дороги.

III Сопротивленіе, встрѣчаемое поѣздомъ при движеніи въ кривыхъ частяхъ пути.

Вагонныя и локомотивныя колеса насажены на ось наглухо и потому обстоятельства ихъ движенія въ кривыхъ будутъ совершенно отличны отъ движенія колесъ, свободно вращающихся на осяхъ. Представимъ себѣ, что пары колесъ, надѣтыхъ на ось наглухо, движутся по криволинейному участку пути радіуса R. Назовемъ разстояніе между рельсами или ширину пути чрезъ b и положимъ, что катящаяся поверхность колесъ цилиндрическая. — Пусть средняя точка оси пройдетъ путь $MN = S$; такъ какъ ось должна быть нормальна къ кривой пути, то внѣшнее колесо должно пройти путь BA большій



Черт. 1

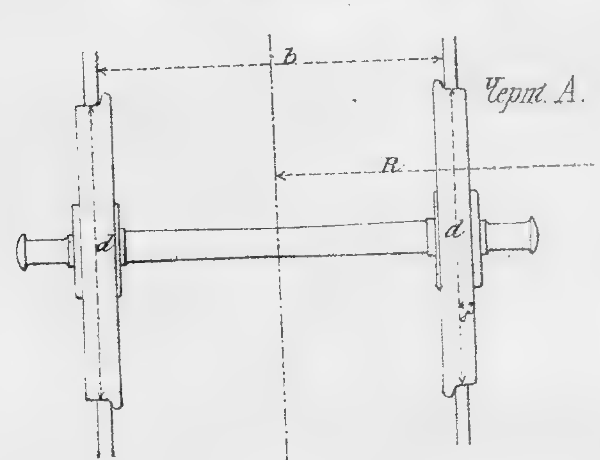
пути $B_1 a_1$ внутренняго колеса. Но какъ окружности колесъ должны имѣть скорость вращенія около оси равную поступательной скорости самой оси, вслѣдствіе своего неподвижнаго сцѣпленія съ осью, то, въ то время, когда ось проходитъ путь S, колеса должны прокатиться на тоже протяженіе. Но пути, проходимые колесами, будутъ:

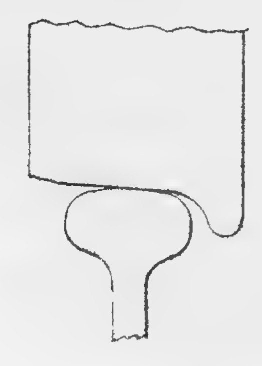
$$\text{Внѣшнимъ: } AB = \frac{(R+\frac{1}{2}b)}{R}\cdot S = S + \frac{bS}{2R}$$

$$\text{Внутреннимъ: } A_1B_1 = \frac{(R-\frac{1}{2}b)}{R}\cdot S = S - \frac{bS}{2R}.$$

Изъ чего видно, что внѣшнее колесо, при прохожденіи вагономъ пути S, скользитъ на длину пути $\frac{bS}{2R}$ въ сторону движенія, тогда какъ внутреннее на ту же длину пути, но въ обратную сторону. При этомъ, слѣдовательно, происходитъ скользящее треніе, работа котораго равна $f_1 \times p \times \frac{bS}{2R}$, гдѣ f_1 — коэффиціентъ скользящаго тренія колеса о рельсы, а p — грузъ, лежащій на колесѣ, вмѣстѣ съ собственнымъ вѣсомъ колесъ; если колесъ въ поѣздѣ n, то сопротивленіе, встрѣчаемое всѣмъ поѣздомъ будетъ $= np \times f_1 \times \frac{bS}{2R}$, но $pn = P$ вѣсу всего поѣзда, а слѣдовательно сопротивленіе это, которое мы назовемъ чрезъ C_1, будетъ равно: $C_1 = P\cdot f_1 \cdot \frac{bS}{2R}$; f_1 можно принять равнымъ среднимъ числомъ въ 0,18 (нап-

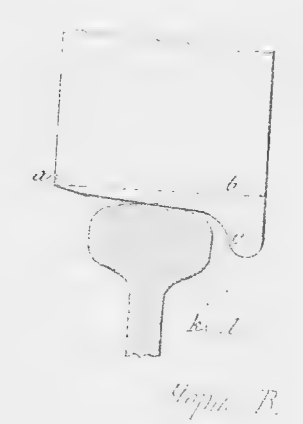
большій предѣлъ; [illegible] около 0,33%. Увеличиваніе этого [illegible] участія конуса коническихъ; въ силу того, если увеличить діаметръ колеса внѣшняго и уменьшить діаметръ колеса внутренняго такъ, чтобы оба колеса проходили чрезъ равныя разстоянія, то скольженія колесъ, очевидно, не будетъ. Поэтому колеса дѣлаютъ съ коническимъ ободомъ, обращенныя большимъ основаніемъ конуса къ оси пути, какъ показано на чертежѣ (А); при этомъ уклонъ обода или отношеніе $\frac{cb}{ab}$ дѣлается, смотря по величинѣ радіуса, отъ $\frac{1}{12}$ до $\frac{1}{25}$ (черт. В). Кромѣ этого на колесахъ сдѣланы закраины, препятствующія сходу колесъ съ рельсовъ, и [illegible] рельса и началомъ закраины остается зазоръ кb, зависящій также отъ радіуса кривизны и среднимъ числомъ равный .01 сажени (21 миллим.), при нормальномъ положеніи колеса на пути.





Ординарный профессоръ Л. Ерашовъ

своихъ рельсовыхъ нитей. При входѣ подобной пары колесъ въ кривую часть пути, колесо, катящееся по наружному рельсу, сдвинется въ наружную сторону, зазоръ уменьшится и радіусъ круга катанія (cercle de roulement) увеличится.



Черт. Д.

Очевидно, что обратное произойдетъ съ внутреннимъ колесомъ, радіусъ круга катанія котораго уменьшится. Чрезъ это уменьшается или въ нѣкоторыхъ случаяхъ и вовсе уничтожается треніе, происходящее отъ жесткаго закрѣпленія колесъ. Называя радіусъ закругленія чрезъ R (считая его по оси дороги), ширину пути чрезъ b, средній колесный діаметръ чрезъ d и измѣненіе его при входѣ въ кривую часть дороги чрезъ $\pm\delta$, то для случая, когда колеса только катятся будемъ имѣть (черт. Д) пропорцію: $\frac{R}{b} = \frac{d}{2\delta}$; положивъ $\delta = \delta$ maximum, соотвѣтствующему тому случаю, когда зазоръ ab сдѣлается $= 0$, можемъ найти предѣлъ радіуса кривизны, съ переходомъ котораго начнется уже скользящее треніе, — именно этотъ предѣльный радіусъ будетъ $R_0 = \frac{bd}{2\delta}$, но δ maximum будетъ равняться зазору, (который назовемъ чрезъ e), умноженному на уклонъ поверхности колеса, который сдѣланъ въ $1/20$; зазоръ

эти значенія въ 1,75 дюйма (около 0,05 метра)

в = 5 фр. = 60 д., то $R_0 = \frac{30'' \times 60''}{\frac{1}{20} \times 0,75'' \times 2} = 285,7$ саж.;

изъ этого же уравненія, задаваясь i_0 и R_0, можемъ опредѣлить б maximum. Зная, что б maximum зависитъ отъ уклона поверхности колесъ и зазора между [illegible] ребордами колесъ, можно выбирать соотвѣтственно эти послѣднія величины, задаваясь предварительно б maximum; если же при этомъ онъ выйдетъ слишкомъ великъ, то можно въ закругленіяхъ нѣсколько увеличить в (*), чрезъ что увеличится уголъ наклоненія оси, что видно изъ формулы [illegible], поэтому и уменьшится [illegible]

или колесной пары по кривой дорогѣ испытываетъ центробѣжная сила, лежащая на колесахъ грузовъ; называя чрезъ v скорость движенія вагона по кривой, центробѣжная сила для груза q будетъ: $P = \frac{v^2}{gR} \cdot q$. Эта сила не только прижимаетъ внѣшнее колесо закраиной къ рельсу и тѣмъ увеличи-

---

(*) Это не примѣняется въ кривыхъ [illegible] дорогъ.

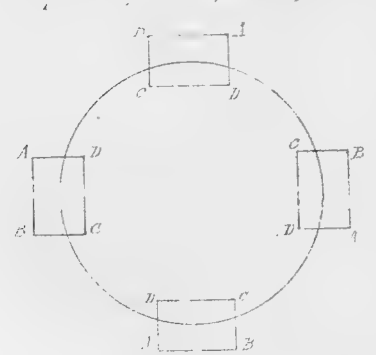
вающъ треніе (впрочемъ, надо сказать, что даже при самыхъ неблагопріятныхъ обстоятельствахъ сила эта не могла бы сдвинуть вагонъ и прижать закраину къ рельсамъ, если бы вагоны при движеніи не подпрыгивали), но сообщаетъ также вагону стремленіе опрокинуться. Для уничтоженія этого вреднаго дѣйствія центробѣжной силы необходимо только поднять наружный рельсъ B на высоту $BC = h$, такъ чтобы равнодѣйствующая центробѣжной силы и вѣса q была бы перпендикулярна къ прямой AB, нормальной къ кривой и соединяющей обѣ рельсовыя поверхности. Тогда имѣемъ пропорцію: $\frac{P}{q} = \frac{CB}{AB}$; или $\frac{v^2}{gR} = \frac{h}{b}$, откуда $h = \frac{bv^2}{gR}$.

Черт. 11

Примѣненіемъ коничности къ колеснымъ шинамъ совершенно уничтожается скользящее треніе колесъ, только въ томъ случаѣ, когда вагонныя оси могли бы стано-

вится по радiусамъ кривой, при проходѣ таковой поѣздомъ. — Но оси обыкновенно прикрѣпляются къ вагонамъ, такъ что при проходѣ кривой онѣ сохраняютъ постоянно почти параллельное одна другой положенiе. Въ этомъ случаѣ коничность шинъ не можетъ устранить скользящаго тренiя, которое будетъ существовать и можетъ быть приблизительно опредѣлено слѣдующимъ образомъ:

Представимъ себѣ что вагонъ съ разстоянiемъ между осями равнымъ $cd = b$, проходитъ по кривой радiуса R. Положимъ что кривая составляетъ полный кругъ; тогда если вагонъ обойдетъ весь этотъ кругъ, то въ тоже время сдѣлаетъ полный оборотъ около своего центра фигуры O — что легко видѣть изъ чертежа II. При этомъ оборотѣ около своего центра фигуры, точки прикосновенiя колесъ



съ рельсами опишутъ кругъ $= 2\pi\sqrt{\frac{b^2}{4}+\frac{e^2}{4}} = \pi\sqrt{b^2+e^2}$, гдѣ e ширина пути. — Описывая этотъ кругъ колеса будутъ скользить по рельсамъ и слѣдовательно работа тренiя будетъ, называя черезъ q вѣсъ вагона, а черезъ f коэффицiентъ тренiя $= q \cdot f \pi\sqrt{b^2+e^2}$; эта работа соотвѣтствуетъ пути $2\pi R$, пройденному цен-

тремъ фигуры вагона или, что все равно, самимъ вагономъ, следовательно, на единицу пройденнаго пути работа тренія будетъ:

$$q \cdot f\pi \frac{\sqrt{b^2+e^2}}{2\pi R} = qf\frac{\sqrt{b^2+e^2}}{2R}.$$

Коничность колесъ полезна и для прохода прямыхъ участковъ пути, не допуская прикасаться закраинамъ колесъ къ рельсамъ и заставляя идти колеса по среднему кругу катанія.

Если у вагона три пары колесъ, то вместо $\underline{b}$ нужно вставить величину взаимнаго разстоянія между крайними колесными осями. Сверхъ того, при такомъ радіусномъ передвиженіи вагонныхъ колесъ, закраины колесъ прилегаютъ къ рельсамъ (чрезъ что и происходитъ радіусное передвиженіе вагона). Давленіе, выдерживаемое закраиною, можно принять равнымъ сопротивленію, представляемому вагономъ его радіусному передвиженію, т.е. равно $f_1 q$, а следовательно треніе закраинъ о рельсы $= f_1 \cdot f_1 q = f_1^2 q$; путь точки приложенія этого тренія при каждомъ оборотѣ колеса равенъ разности между окружностію $\underline{\pi d_1}$ круга, по которому закраина соприкасается съ рельсомъ и окружностію $\underline{\pi d}$, которой колеса катятся по рельсамъ, такъ что вследствіе этого тренія произойдетъ механическая работа равная $f_1^2 \pi (d_1 - d) q$, а увеличеніе сопротив-

ленія на $C_3 = f_1^2 \frac{D-d}{d} q$. Для большей погрѣшности, для f_1 можно принять величину наибольшаго тренія закраинъ.

Наконецъ еще центробѣжная сила производитъ треніе закраинъ колесъ о рельсы, прижимая наружныя колеса закраинами къ рельсамъ съ силою $\frac{qv^2}{gR}$; хотя теоретически это треніе и не должно было бы происходить, такъ какъ центробѣжная сила вообще меньше, нежели сопротивленіе тренія колесъ по рельсамъ, которое нужно преодолѣть для соприкосновенія закраинъ къ рельсамъ, но вагоны, двигаясь, подпрыгиваютъ и въ это время закраины могутъ приблизиться къ рельсу и прижаться къ нему. Оставляя выраженія предъидущаго случая, путь, пройденный этимъ треніемъ во время одного оборота колеса, будетъ $\pi(D-d)$ и механическая работа, потерянная имъ, будетъ: $f_1 \frac{qv^2}{gR}(\pi(D-d))$, а сила сопротивленія:

$$C_4 = \frac{qv^2}{gR} \cdot f_1 \frac{(D-d)}{d}.$$

Всѣ эти силы, дѣйствующія на закраину колеса, одновременно проявляться не могутъ и надо брать ту изъ нихъ, которая для даннаго случая будетъ больше.

Опыты, сдѣланные на желѣзной дорогѣ изъ [illegible] въ [illegible] (Швейцаріи) показали, что треніе закраинъ вслѣдствіе центробѣжной силы доходило до 0,02182 q, гдѣ q вѣсъ поѣзда. [illegible]

16 километровъ или 15 верстъ въ часъ и радіусъ кривизны въ 100 метровъ (47 саженъ). Величина этихъ сопротивленій велика и можетъ быть объяснена только дѣйствіемъ неблагопріятныхъ обстоятельствъ [illegible] опыты.

Всѣ теоретическія изслѣдованія движенія поѣздовъ въ кривыхъ только объясняютъ причины появляющихся сопротивленій, но не даютъ численныхъ точныхъ результатовъ.

Для практическихъ расчетовъ лучше употреблять результаты непосредственныхъ опытовъ, а именно:

1) По опытамъ Пошанско сопротивленіе въ кривыхъ, при скорости 25 километровъ (23⅓ верстъ) въ часъ, увеличивается съ уменьшеніемъ радіуса и между радіусами въ 1500 метровъ (700 саженъ) и 300 метровъ (140 саж.), на каждые 100 метровъ уменьшенія радіуса, сопротивленіе на тонну по отношенію къ прямолинейному пути увеличивается на 0,05 килограмма (или на каждые 45 саженъ уменьшенія радіуса – 0,1[illegible] [illegible]). Кривыя съ радіусомъ свыше 1500 метровъ не оказываютъ существеннаго вліянія. – [illegible] этихъ величинъ [illegible].

2) Опыты Вѣдринеля дали слѣдующіе результаты:

а) Для поѣзда въ 40 вагоновъ, идущаго со скоростью 25 километровъ (23½ верстъ) въ часъ, увеличеніе (прибавка къ сопротивленію на прямомъ пути) [illegible]

вой:

1000 метр.	(479 саж.)	радіуса	= 0,35 килогр.	(0,02 пуд.)	
500 "	(234 ")	"	= 1,40 "	(0,08 ")	
300 "	(140 ")	"	= 3,90 "	(0,23 ")	

б) Для поѣзда въ 12 вагоновъ, идущаго со скоростью 50 километровъ въ часъ; увеличеніе сопротивленія на 1 тонну въ кривой:

1000 метр.	(479 саж.)	радіуса	= 0,40 килогр.	(0,02 пуд.)	
500 "	(234 ")	"	= 1,50 "	(0,09 ")	
300 "	(140 ")	"	= 4,10 "	(0,25 ")	

Для подсчетовъ лучше брать цифры изъ опытовъ Фарсена. Англійскіе инженеры принимаютъ, что сопротивленіе въ кривыхъ, на каждый градусъ кривой, занятой поѣздомъ, равно 1% сопротивленія на прямомъ пути.

IV. Сопротивленіе, встрѣчаемое поѣздомъ во время большихъ вѣтровъ.

Кромѣ исключительныхъ случаевъ большой силы вѣтра, онъ не слишкомъ много увеличиваетъ сопротивленіе поѣзда, когда направленіе его прямо противоположно направленію движенія поѣзда.

Въ этомъ случаѣ въ формулу сопротивленія воздуха нужно вставить вмѣсто v скорости поѣзда $v + v'$, т. е. сумму скоростей вѣтра и поѣзда. Попутный же вѣтеръ уменьшаетъ сопротивленіе поѣзда (воздуха) и тогда въ формулу нужно вмѣсто v поставить $v - v'$. - Когда вѣтеръ [illegible] и притомъ боковой, то сопротивленіе его движенію поѣзда

весьма значительно, а иногда достигаетъ такихъ размѣровъ, что останавливаетъ поѣздъ. Это происходитъ вслѣдствіе того, что прямо противный вѣтеръ производитъ давленіе только на первый вагонъ, тогда какъ боковой дѣйствуетъ на каждый вагонъ поѣзда, какъ и на незакрытый предыдущимъ. Кромѣ того боковой вѣтеръ прижимаетъ также вагонныя колеса закраинами къ рельсамъ, отчего происходитъ треніе, сопротивляющееся движенію поѣзда. – Сила и направленіе вѣтра такъ перемѣнчивы, что вліяніе ихъ на движеніе поѣзда не можетъ быть выражено опредѣленными численными данными. Кларкъ пишетъ, что боковой вѣтеръ увеличиваетъ до 20% полное сопротивленіе на горизонтальномъ пути. Все, что можно сказать, это то, что сопротивленія поѣзда уменьшаются отъ попутнаго вѣтра, увеличиваются довольно слабо отъ противнаго и сильно увеличиваются отъ противнаго бокового.

Какъ мы видѣли, сопротивленія зависятъ: 1) отъ груза, перевозимаго на поѣздѣ, 2) отъ устройства подвижнаго состава и 3) отъ устройства самого пути. Часть полнаго сопротивленія, преодолѣваемаго паровозомъ при движеніи поѣзда, зависящая отъ перевозимаго груза, т. е. товаровъ или пассажировъ, будетъ полезное сопротивленіе и чѣмъ большую часть полнаго сопротивленія будетъ составлять это полезное сопротивленіе

[illegible] подробности [illegible]. [illegible] различа-
[illegible], по возможности, [illegible]
[illegible] тяжелаго [illegible]
нія. Для [illegible]
[illegible]
[illegible], по возможности, [illegible]
[illegible], уменьшать [illegible]
[illegible], [illegible] увеличивающихъ [illegible],
[illegible] ибо [illegible],
[illegible], чѣмъ [illegible]
[illegible] (стр. 48) [illegible]
[illegible] (какъ [illegible]
[illegible] не [illegible]
[illegible]
[illegible] и большія [illegible]. Вторыя [illegible]
[illegible] имѣетъ значеніе для [illegible]
[illegible], [illegible]
[illegible] подвижнаго состава. Тре-
тій вопросъ, по важности, въ [illegible]-
нія [illegible] въ [illegible] соотвѣтствен-
наго подвижнаго состава, [illegible]
[illegible], [illegible]
[illegible]
[illegible], [illegible]
[illegible], [illegible], изъ [illegible]
[illegible], ибо [illegible]
[illegible] (*). [illegible]

(*) [illegible]

должно быть слишкомъ большое разстояніе между крайними осями вагонныхъ колесъ, отъ чего увеличивается сопротивленіе въ кривыхъ частяхъ; при длинныхъ же вагонахъ необходимо дѣлать оси подвижными, какъ напримѣръ на американскихъ дорогахъ и у насъ на Николаевской. Затѣмъ выгодно увеличивать діаметръ вагонныхъ колесъ, что, однако, повлечетъ за собою увеличеніе издержекъ на первоначальное обзаведеніе. Весьма важную роль играютъ и рессоры, смягчающія толчки, и упругость которыхъ должна быть хорошо сообразована съ грузомъ вагона ими поддерживаемаго. Выполненіе всѣхъ этихъ условій не только уменьшаетъ расходы перевозки, но еще притомъ въ значительной степени увеличиваетъ безопасность движенія.

Дѣйствіе паровыхъ машинъ паровоза.

Равномѣрное движеніе паровоза. Когда равномѣрно отапливаемый паровозъ движется съ поѣздомъ довольно долгое время

[illegible] и т. п.; всѣ части паровоза имѣютъ значительный вѣсъ, уменьшить который очень затруднительно. Надо замѣтить, что почти всѣ [illegible] исключительныхъ случаевъ) необходимые для правильной работы паровыхъ машинъ паровоза, подвижныя [illegible], вызываютъ вѣсъ [illegible] большій [illegible] [illegible] колесъ.

по прямолинейному пути, то движеніе его весьма близко подходитъ къ равномѣрному, въ которомъ каждый оборотъ колесъ совершается въ одинаковое время и вообще состояніе всего паровоза въ началѣ и концѣ каждаго оборота одинаково. Поэтому при равномѣрномъ движеніи слѣдующіе элементы дѣйствія паровоза должны сохранять одинаковыя значенія въ началѣ и концѣ оборота колесъ: 1) скорость движенія, 2) живая сила паровоза съ поѣздомъ, 3) упругость пара въ котлѣ, 4) количество пара и воды въ котлѣ и 5) температура всѣхъ частей паровоза. — Эти обстоятельства могутъ существовать только при слѣдующихъ условіяхъ:

1) Одинаковость живой силы и скорости въ началѣ и концѣ оборота колесъ тогда только возможна, когда сумма работъ давленій пара на поршни въ продолженіи одного оборота колесъ равна суммѣ работъ сопротивленій движенію.

2) Равенство объемовъ воды и пара въ котлѣ въ началѣ и концѣ оборота колесъ можетъ тогда только существовать, когда питательные приборы во время одного оборота колесъ доставляютъ въ котелъ столько воды, сколько въ это время расходуется ея въ видѣ пара.

3) Равенство упругости пара въ началѣ и концѣ этого періода времени могутъ только тогда существовать, когда котелъ приготовляетъ въ теченіи этого періода, т. е. оборота колесъ, столько пара, сколько его въ это время расходуется.

4) Равномѣрность температуры пара только возможно, когда передъ каждымъ впускомъ остается въ паровикахъ столько теплоты, сколько его въ то время (т.е. въ продолженіи одного оборота) изъ него выходитъ.

Разумѣется, что всѣ эти условія исполнимы на практикѣ, но относительность не выполняется удаляется отъ нихъ (принимая эти приближенія), мы получимъ четыре уравненія, относящіяся къ вопросу движенія и количества, которыя служатъ для расчетовъ размѣровъ паровоза, какъ паровой машины.

Чтобы вывести эти четыре уравненія назначимъ слѣдующія обозначенія:

O – площадь поперечнаго сѣченія цилиндра.

l – ходъ поршня.

v – средняя скорость поршня.

V – средняя скорость движенія локомотива.

D – діаметръ ведущихъ колесъ.

l_1 – часть хода поршня, во время которой паръ впускается въ цилиндръ.

m – коэффиціентъ вреднаго пространства или зазора (*), такъ что это вредное пространство будетъ m.Ol; обыкновенно m = 0,05 – 0,08, съ каждой стороны цилиндра.

y – давленіе (движущее) пара въ цилиндрахъ по

(*) Вреднымъ пространствомъ называется объемъ паропроводныхъ ходовъ съ объемомъ, кое-которыхъ поршень не доходитъ до крышекъ (дна) цилиндра.

1 кв. метръ (0,22 кв. сажень) за поршнемъ, когда этотъ послѣдній прошелъ путь x отъ начала хода.

ς - давленіе (сопротивляющееся) въ цилиндрѣ на 1 кв. метръ передъ поршнемъ въ той же точкѣ хода поршня.

p - давленіе пара (движущее) въ цилиндрѣ на 1 кв. метръ за поршнемъ въ то время, когда впускъ пара продолжается.

p_m, ς_m - такія среднія постоянныя величины y и ς, которыя произвели бы ту-же работу во время одного хода поршня, какъ перемѣнныя y и ς, т. е. слѣдов. $p_m l=\int_0^l y\,dx$ и $\varsigma_m l=\int_0^l \varsigma\,dx$.

t - время одного хода поршня.

S - вѣсъ пара въ килограммахъ, производимаго котломъ въ 1 секунду.

s - вѣсъ пара въ килограммахъ, теряющагося каждую секунду черезъ разныя отверстія въ котлѣ и протекающаго кругомъ поршня, между нимъ и стѣнками цилиндра.

q - вѣсъ воды въ килограммахъ, уносимой въ капельномъ видѣ паромъ въ секунду.

u_0° - температура воды, которою питается котелъ.

u° - температура пара въ котлѣ.

q_0 - вѣсъ воды (въ килограммахъ), доставляемой питательными приборами каждую секунду въ котелъ.

W - полное сопротивленіе движенію паровоза.

Ω - число единицъ теплоты, принимаемой котломъ въ каждую секунду.

ω - число единицъ теплоты, теряющейся чрезъ охлажденіе поверхности паровоза.

[illegible] $\int_0^l \theta\, y\, dx$ [illegible] $\int_0^l \theta\, dx$ [illegible]

№ 3. [illegible]

[illegible]

$$4\int \theta\, y\, dx - 4\int_0^l \theta\, q\, dx = W\pi l^2,$$

[illegible] $\frac{l}{m}$ [illegible] $\frac{y\, dx}{l} = \frac{l_0}{m}$, [illegible]

$$C\left(\frac{l}{m} - \frac{l_0}{m}\right) = \frac{W\pi l^2}{4C} \qquad (14)$$

[illegible] $l_0 = m\theta l$ [illegible] $\alpha + \beta t$; [illegible] $\alpha = $ [illegible], $\beta = 0{,}000472$ [illegible] $\frac{\alpha}{\beta} = 3917$ (*).

[illegible] $l_0 = ml(\alpha + \beta t)$ [illegible] $l_0 = ml(\alpha + \beta t)$

(*) [illegible]

а время оборота равно $\frac{2l}{v}$, то въ 1 секунду будетъ расходоваться вѣсъ пара равный:

$$\frac{4\sigma(l_1+ml)(\alpha+\beta p)}{\frac{2l}{v}} = 2\sigma v\left(\frac{l_1}{l}+m\right)(\alpha+\beta p).$$

Прибавляя къ этому вѣсу величину s, получимъ, что S — паропроизводительность котла должна равняться:

$$2\sigma v\left(\frac{l_1}{l}+m\right)(\alpha+\beta p)+s=S \quad \ldots \quad (2)$$

Въ каждую секунду, слѣдовательно, должно быть приготовлено это количество пара температуры u° изъ воды, температура которой при вводѣ въ котелъ u_0°, слѣдовательно потребное на это число единицъ теплоты $=(650-u_0^\circ).S$ (при 9^{ти} атмосферахъ). Кромѣ того каждую секунду увлекается паромъ вѣсъ воды q при u°, слѣдовательно расходъ теплоты на эту воду будетъ $q(u^\circ-u_0^\circ)$ единицъ. Наконецъ излучающаяся черезъ поверхность паровоза теплота въ 1 секунду будетъ ω единицъ, слѣдовательно полный расходъ теплоты въ 1 секунду, или:

$$\Omega = S(650-u_0^\circ)+q(u^\circ-u_0^\circ)+\omega \quad \ldots \quad (3)$$

Это уравненіе можетъ быть замѣнено простѣйшимъ, а именно:

$$\Omega = f\cdot S, \quad \ldots \quad (3\ bis)$$

гдѣ f представляетъ число килограммовъ топлива, сгораніе котораго образуетъ 1 килограммъ пара для дѣйствія паровой машины, причемъ въ числѣ этомъ f, опредѣленномъ непосредственными наблюденіями уже введенъ и тотъ расходъ теплоты, который идетъ на величины q и ω. Въ уравненіи (3 bis) Ω представляетъ уже не число единицъ теплоты, а число килограммовъ

Профессоръ Л. Ермаковъ

топлива, сгорающихъ для приготовленія въ 1" S килограммовъ пара для дѣйствія машины со введеніемъ и всѣхъ безполезныхъ потерь теплоты. Численныя величины для s, S, ρ, p, Q, $\bar{w}$, w, w_0, γ, обыкновенно встрѣчающіяся въ практикѣ будутъ даны ниже въ статьѣ о паропроизводеніи. Четвертое уравненіе выводится изъ геометрической зависимости между ходомъ поршня и діаметромъ ведущихъ колесъ и оно будетъ:

$$\frac{V}{v} = \frac{\pi D}{2l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Паровозъ съ машинами безъ расширенія.

Когда паръ дѣйствуетъ въ паровозныхъ машинахъ безъ расширенія (*), то въ этомъ случаѣ можно предположить, что паръ будетъ входить въ цилиндръ во все время продолженія хода поршня и слѣдовательно $l_1 = l$. Также можно принять, что давленіе пара въ цилиндрѣ будетъ одинаково во продолженіи всего хода поршня, т. е. $p_m = p_1 = p$, что, впрочемъ, было-бы вполнѣ

(*) Надо замѣтить, что на дѣлѣ этого никогда не бываетъ, по самому устройству парораспредѣлительныхъ механизмовъ (кулиссъ и коробчатыхъ золотниковъ); впускъ пара не можетъ быть больше 75% или 80% хода поршня.

справедливо только при золотникахъ безъ опереженій и даже въ этомъ случаѣ близко къ истинѣ только при незначительныхъ скоростяхъ поршня, большомъ отверстіи регулятора и большихъ окнахъ, что показали и непосредственныя измѣренія индикаторомъ. Давленіе мятаго пара можно предполагать также постояннымъ, что вполнѣ справедливо можетъ быть только при тѣхъ же условіяхъ, которыя необходимы для одинаковости давленія дѣйствующаго пара. Всѣ сдѣланныя нами приближенія, безъ которыхъ самый разсчетъ очень бы усложнился, приводятъ только къ приближеннымъ результатамъ, служащимъ болѣе для указанія тѣхъ условій, которыя должны наблюдаться при проектированіи и дѣйствіи паровозовъ, чѣмъ для опредѣленія размѣровъ и численныхъ величинъ, въ назначеніи которыхъ должно сообразоваться съ существующими паровозами, дающими хорошіе результаты. При сдѣланныхъ нами предположеніяхъ уравненія дѣйствія паровыхъ машинъ паровоза будутъ:

$$p = r + \frac{W}{O} \cdot \frac{D\pi}{4l} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

$$S = 2Ov(1+m)(\alpha + \beta p) \quad . \; . \; . \quad (2)^{(*)}$$

$$\Omega = \gamma \cdot S \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

$$\frac{V}{v} = \frac{\pi \cdot D}{2l} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

Въ этихъ уравненіяхъ всего 10 величинъ

(*) Формула (2) выражаетъ число килограммовъ пара, безъ вѣса пара, теряющагося безполезно.

положимъ, задаваясь 6-ю, можно опредѣлить 4 другихъ. Мы разсмотримъ только два случая, имѣющіе практическій интересъ, именно: 1) дѣйствіе существующаго паровоза и 2) опредѣленіе размѣровъ проектируемаго.

1. Скорость, съ которою паровозъ въ состояніи везти поѣздъ извѣстнаго груза, при данныхъ размѣрахъ паровоза и паропроизводительности котла.

Въ этомъ случаѣ даны: W, D, l, O, S, r, f; искомыя величины: V, v, p и Ω.

Изъ (1) уравненія будемъ имѣть, что:

$$p = r + \frac{W}{O} \cdot \frac{D\pi}{4l}$$

Изъ (2) уравненія $v = \frac{S}{2O(1+m)(\alpha+\beta p)}$, изъ (3) — $\Omega = f \cdot S$. Наконецъ изъ уравненія (4) $V = v\frac{D\pi}{2l}$.

Выраженіе для p показываетъ, что давленіе пара въ цилиндрахъ не зависитъ ни отъ скорости движенія, ни отъ паропроизводительности, но зависитъ: 1) отъ давленія мятаго пара, 2) отъ отношенія $\frac{D}{l}$ между діаметромъ ведущихъ колесъ и длиною хода поршня; 3) отъ площади поршня и 4) отъ сопротивленія W. Для одного и того же локомотива величины D, O и l будутъ постоянны; безъ большой ошибки можно принять, что и r величина постоянная и тогда давленіе пара въ цилиндрахъ должно измѣняться вмѣстѣ съ измѣненіемъ сопротивленія поѣзда и притомъ будетъ пропорц…

больше, чѣмъ меньше площадь и ходъ поршня и больше діаметръ ведущихъ колесъ.

Наоборотъ скорость поршня прямо пропорціональна паропроизводительности S. Причемъ она зависитъ отъ сопротивленія W, если паропроизводительность будетъ вдвое, втрое или вчетверо увеличена, во столько же разъ увеличится и скорость поршня, а слѣдовательно и скорость поѣзда. Предположеніе, что W и r величины постоянныя, вообще несправедливо, ибо W, какъ извѣстно, есть нѣкоторая функція отъ V (скорости поѣзда) и потому съ увеличеніемъ паропроизводительности скорость увеличится, а съ ней вмѣстѣ измѣнится и сопротивленіе поѣзда; наконецъ съ увеличеніемъ паропроизводительности, въ данную единицу времени будетъ проходить большій объемъ пара, отъ чего увеличится и сопротивленіе мятаго пара r. Поэтому съ увеличеніемъ S будетъ увеличиваться и W и r, а слѣдовательно и p, а какъ при этомъ возрастаетъ и членъ $(\alpha+\beta p)$, то слѣдовательно и скорость поршня V будетъ возрастать не прямо пропорціонально S, а нѣсколько слабѣе. Подставивъ въ уравненіе истинныя величины W и r (которыя будутъ даны ниже), мы будемъ въ состояніи выразить истинную зависимость между величинами S, V и p.

2) Опредѣленіе главныхъ размѣровъ паровой машины локомотива, [illegible].

Въ этомъ случаѣ данными бываютъ заданы

сопротивленіе и скорость поѣзда, который долженъ везти проэктируемый паровозъ, также упругость пара въ котлѣ, а слѣдовательно и упругость пара въ цилиндрѣ p (зависимость между упругостями пара въ котлѣ и цилиндрѣ будетъ ниже показана). - Скорость поршня также должна быть задана, ибо скорость эта для прочности механизма и также для правильности дѣйствія пара въ паровыхъ цилиндрѣ не должна превосходить извѣстнаго предѣла, именно отъ 3-4 метровъ въ 1" и даже 2,3 по Редтенбахеру (послѣдняя цифра рѣдко удерживается въ практикѣ).(*) Также для устойчивости паровоза ведущія колеса не должны дѣлать болѣе 2½ или 3½ оборотовъ въ 1", т. е. что $D = \frac{v}{3\pi}$, или $\frac{v}{2,5\pi}$, т. е. $= 0,106\,v$ или $0,127\,v$ и даже по Редтенбахеру $0,174\,v$.

Давленіе смятаго пара, при извѣстной скорости и упругости пара тоже величина извѣстная, слѣдовательно будутъ величины данныя: p, r, V, v, W и y, искомыя: O, l, δ и Ω. - Изъ уравненія (4) получимъ: $l = \frac{\pi \cdot D n}{2v}$, но D, какъ видѣли, равно отъ $0,106\,v$ до $0,174\,v$, т. е. вообще δv; слѣдовательно:

(*) Большая скорость вредна для прочности механизма, а также въ отношеніи устойчивости движенія, большой же ходъ поршня вреденъ для устойчивости движенія.

$$l = \frac{\pi . \sqrt{v}}{2} \quad \ldots \ldots \quad (a)$$

и $$D = \sqrt{v} \quad \ldots \ldots \quad (b)$$

Изъ уравненія (1) получимъ, что:

$$O = \frac{W . \pi D}{4 l (p - r)} \text{, но } \frac{D}{l} = \frac{2 V}{\pi v} \text{, слѣдовательно:}$$

$$O = \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{p - r} : \frac{V}{v} \quad \ldots \quad (c)$$

Наконецъ изъ (2) и (3) уравненій получимъ, что: $S = 20 v (1 + m)(\alpha + \beta p)$ и $\Omega = \gamma . S$.

Уравненіе (а) даетъ длину хода поршня, изъ уравненія (b) получится діаметръ ведущихъ колесъ, изъ уравненія (с) площадь поршня O, равная $\frac{\pi d^2}{4}$, слѣдовательно d, діаметръ поршня, будетъ равенъ: $\sqrt{\frac{2}{\pi} \cdot \frac{W}{p - r} : \frac{V}{v}}$, наконецъ послѣднія два уравненія дадутъ паропроизводительность въ 1'' въ килограммахъ и вѣсъ топлива, расходуемаго въ 1'' также въ килограммахъ.

Наивыгоднѣйшее дѣйствіе паровыхъ машинъ локомотива относительно расхода топлива.

Возьмемъ отношеніе между полнымъ дѣйствіемъ локомотива въ 1'' и расходомъ топлива въ тотъ же промежутокъ времени; полезное дѣйствіе локомотива будетъ $W . V$, а расходъ топлива въ $1'' - \Omega$, слѣдовательно это отношеніе будетъ $\frac{W . V}{\Omega}$ или, подставляя вмѣсто W, V и Ω равныя имъ величины, получимъ:

$$\frac{W . V}{\Omega} = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{p - r}{\alpha + \beta p} \cdot \frac{1}{1 + m};$$

при упругостяхъ пара большихъ трехъ ат-

носферъ (что обыкновенно случается въ паровозѣ) α сравнительно съ βp (гдѣ p давленіе пара въ килограммахъ на 1 квадратный метръ) величина весьма малая, такъ что ею можно пренебречь и отношеніе наше будетъ:

$$\frac{W.V}{\Omega} = \frac{1}{\beta\gamma} \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right) \frac{1}{1+m};$$

чѣмъ больше это отношеніе, тѣмъ выгоднѣе дѣйствіе машинъ паровоза относительно расхода топлива, а какъ отношеніе это растетъ вмѣстѣ съ возрастаніемъ p, то слѣдовательно выгодно употреблять паръ высокихъ давленій.

Принимая въ соображеніе практическія неудобства высокихъ давленій, Редтенбахеръ назначаетъ крайнимъ предѣломъ давленія пара въ цилиндрѣ пять атмосферъ, что соотвѣтствуетъ при полномъ открытіи регулятора (хорошаго устройства) около 5½ атмосферъ упругости паровъ въ котлѣ. Предѣлъ этотъ давно, однако, перейденъ, по необходимости уменьшенія размѣровъ машинъ и большая часть строящихся нынѣ паровозовъ проэктируется для 9ти атмосферъ упругости пара въ котлѣ, на дѣлѣ они часто переступаютъ и эту цифру.

Изъ выраженія $p = r + \frac{W}{O} \cdot \frac{D\Pi}{4l}$ видно, что для увеличенія p нужно при малыхъ W увеличивать D и уменьшать O и l (что соотвѣтствуетъ несоразмѣрнымъ

...изводимъ; наоборотъ, при большихъ W, чтобы p не вышло слишкомъ велико, нужно уменьшить D и увеличить O и l (что соотвѣтствуетъ товарнымъ паровозамъ).

Паровыя машины съ расширеніемъ пара.

Выведенныя выше четыре уравненія годятся и для машинъ съ расширеніемъ, стоитъ только сдѣлать слѣдующія предположенія: 1) давленіе пара въ цилиндрѣ отъ начала хода до начала расширенія постоянно и равно p_1, слѣдовательно $p_1 = p$; 2) расширеніе начинается по прохожденіи поршнемъ пути l_1 и продолжается до конца хода; 3) расширеніе происходитъ какъ безъ потери теплоты, такъ и безъ охлажденія пара. Изъ этихъ предположеній послѣднее въ дѣйствительности не вѣрно, ибо новѣйшія изслѣдованія Клаузіуса, Гирна, Цейнера показали, что при расширеніи часть пара обращается въ воду; тѣмъ не менѣе можно сдѣлать это предположеніе, потому что чрезъ это не будетъ большой ошибки.

Среднее давленіе p_m опредѣлится изъ выраженія:

$$p_m = \frac{O p l_1 + \int_{l_1}^{l} O y\,dx}{O l},$$

гдѣ x нѣкоторый путь, пройденный поршнемъ отъ начала хода, бо́льшій l_1, а y упругость пара въ цилиндрѣ, соотвѣтствующая положенію поршня на разстояніи

x отъ начала хода. - Когда въ цилиндрѣ впускъ пара прекратится, то въ немъ будетъ заключаться вѣсъ пара, равный:

$$(Ol_1 + Olm)(\alpha + \beta p) = Ol\left(\frac{l_1}{l} + m\right)(\alpha + \beta p).$$

Когда же поршень пройдетъ путь x, то упругость его будетъ y, а вѣсъ заключающагося въ цилиндрѣ пара:

$$O(x + ml)(\alpha + \beta y);$$

оба вѣса эти по третьему предположенію равны между собою и слѣдовательно:

$$Ol\left(\frac{l_1}{l} + m\right)(\alpha + \beta p) = O(x + ml)(\alpha + \beta y),$$

откуда y выразится функціею x и будетъ равно:

$$y = \frac{l_1 + ml}{x + ml} \cdot \left(\frac{\alpha}{\beta} + p\right) - \frac{\alpha}{\beta}.$$

Тогда:

$$\int_{l_1}^{l} Oy\,dx = O(l_1 + ml)\left(\frac{\alpha}{\beta} + p\right) \int_{l_1}^{l} \frac{dx}{x + ml} - O\frac{\alpha}{\beta}(l - l_1) =$$

$$= O(l_1 + ml)\left(\frac{\alpha}{\beta} + p\right) \log hyp\left(\frac{l + ml}{l_1 + ml}\right) - O\frac{\alpha}{\beta}(l - l_1)$$

Слѣдовательно:

$$p_m = \left(\frac{\alpha}{\beta} + p\right)\left\{\frac{l_1}{l} + \left(\frac{l_1}{l} + m\right) \log hyp\left(\frac{l + ml}{l_1 + ml}\right)\right\} - \frac{\alpha}{\beta}$$

Называя величину $\frac{l_1}{l} + \left(\frac{l_1}{l} + m\right) \log hyp\left(\frac{l + ml}{l_1 + ml}\right) = k$, будемъ имѣть:

$$p_m = \left(\frac{\alpha}{\beta} + p\right) \cdot k - \frac{\alpha}{\beta}.$$

Давленіе мятаго пара въ машинахъ съ расширеніемъ еще меньше измѣняетъ свою величину чѣмъ въ машинахъ безъ расширенія и немного болѣе атмосфернаго давленія. Поэтому мы положимъ r_m величиною постояннаго, называя ее черезъ r.

Послѣ всего этого, уравненія дѣйствія паровыхъ машинъ съ расширеніемъ (

примутъ видъ:

$$\left.\begin{array}{ll} \Theta\left\{\left(\frac{\alpha}{\beta}+p\right)k-\left(\frac{\alpha}{\beta}+r\right)\right\}=W\cdot\frac{D\pi}{4l} & \ldots(1)\\ S=2\Theta v\left(\frac{l_1}{l}+m\right)(\alpha+\beta p) & \ldots(2)\\ \frac{V}{v}=\frac{D\pi}{2l} & \ldots(3)\\ \Omega=\gamma\cdot S & \ldots(4)\end{array}\right\}(A)$$

и наконецъ $k=\frac{l_1}{l}+\left(\frac{l_1}{l}+m\right)\log hyp\left(\frac{l+ml}{l_1+ml}\right)$.

Пользуясь этими уравненіями, мы разсмотримъ тѣ-же случаи, что и при машинахъ безъ расширенія.

1) Скорость, съ которою существующій локомотивъ съ расширеніемъ можетъ везти поѣздъ даннаго груза.

Сюда относится все то, что было сказано относительно подобнаго же случая для паровозныхъ машинъ безъ расширенія. Извѣстныя величины здѣсь будутъ: W, D, l, Θ, $\frac{l_1}{l}$, m, S, α, β и r, а неизвѣстныя p, v, V и Ω.

Изъ перваго изъ уравненій (A) имѣемъ, что:

$$p=\frac{1}{k}\left\{\frac{W}{\Theta}\cdot\frac{\pi}{4l}+\left(\frac{\alpha}{\beta}+r\right)\right\}-\frac{\alpha}{\beta},$$

или, подставляя вмѣсто k равную величину, будемъ имѣть:

$$p=\frac{\frac{W}{\Theta}\cdot\frac{\pi D}{4l}+\left(\frac{\alpha}{\beta}+r\right)}{\frac{l_1}{l}+\left(\frac{l_1}{l}+m\right)\log hyp\left(\frac{l+ml}{l_1+ml}\right)}-\frac{\alpha}{\beta}$$

Когда p опредѣлено, то второе уравненіе даетъ v:

$$v=\frac{S}{2\Theta\left(\frac{l_1}{l}+m\right)(\alpha+\beta p)}.$$

Наконецъ послѣднія уравненія даютъ:

$$V = \frac{\pi D}{2l} \cdot v \quad \text{и} \quad \Omega = \gamma S$$

2) Опредѣленіе главныхъ размѣровъ проэктируемаго локомотива съ расширеніями.

Къ этому случаю также можетъ быть отнесено все, что было сказано относительно подобнаго же случая при паровозѣ съ машинами безъ расширенія. Въ этомъ случаѣ данныя величины будутъ: $W, V, v, p, \frac{l_1}{l}, m, \alpha, \beta$, неизвѣстныя же: $O, \frac{D}{l}, b, \Omega$.

Исключая $\frac{Dn}{2l}$ изъ перваго и третьяго уравненій (A), найдемъ:

$$O = \frac{W \cdot V}{2v\left\{\left(\frac{\alpha}{\beta}+p\right)k - \left(\frac{\alpha}{\beta}+r\right)\right\}}$$

Когда O вычислено, то изъ втораго уравненія:

$$S = 2Ov\left(\frac{l_1}{l}+m\right)(\alpha+\beta p).$$

Затѣмъ изъ четвертаго:

$$\Omega = \gamma \cdot S,$$

а наконецъ изъ третьяго уравненія и условія, что $D = \delta V$, найдемъ:

$$D = \delta V \quad \text{и} \quad l = \frac{\pi \cdot v}{2} \cdot \delta.$$

Наивыгоднѣйшее дѣйствіе относительно расхода топлива паровозныхъ машинъ съ расширеніемъ.

Какъ и прежде возьмемъ отношеніе $\frac{W \cdot V}{\Omega}$, равное для этого случая:

$$\frac{W \cdot V}{\Omega} = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{\left(\frac{\alpha}{\beta}+p\right)k - \left(\frac{\alpha}{\beta}+r\right)}{\left(\frac{l_1}{l}+m\right)(\alpha+\beta p)};$$

вопросъ состоитъ въ томъ, какія величины придать p и k, чтобы это отношеніе имѣло наибольшее значеніе. Выраженіе это можно представить въ слѣдующемъ видѣ:

$$\frac{W.v}{\Omega} = \frac{1}{\gamma\beta}\left\{\frac{k - \frac{\alpha+\beta r}{\alpha+\beta p}}{\frac{l_1}{l}+m}\right\},$$

изъ чего видно, что съ возрастаніемъ p это выраженіе увеличивается, т. е. выгодно увеличивать упругость пара. Найдемъ теперь наивыгоднѣйшее расширеніе. Пусть: $\frac{W.v}{\Omega} = y$, а $\frac{l_1}{l} = x$, тогда

$$k = x + (x+m)\log hyp\left(\frac{1+m}{x+m}\right)$$

и слѣдовательно y будетъ равенъ:

$$y = \frac{1}{\gamma\beta}\cdot\frac{x + (x+m)\log hyp\left(\frac{1+m}{x+m}\right) - \frac{\alpha+\beta r}{\alpha+\beta p}}{x+m},$$

взявши первую производную, получимъ:

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{\gamma\beta}\,\frac{\left(x - \frac{\alpha+\beta r}{\alpha+\beta p}\right)}{(x+m)^2},$$

приравнявъ ее нулю, найдемъ, что:

$$x = \frac{l_1}{l} = \frac{\alpha+\beta r}{\alpha+\beta p}.$$

Назовемъ чрезъ z давленіе пара въ цилиндрѣ въ концѣ хода и опредѣлимъ его при наивыгоднѣйшемъ расширеніи.

z опредѣляется изъ извѣстнаго уравненія:

$$(\Omega l_1 + m\Omega l)(\alpha+\beta p) = (\Omega l + m\Omega l)(\alpha+\beta z),$$

откуда:

$$z = \left(\frac{\alpha}{\beta} + p\right)\left(\frac{\frac{l_1}{l}+m}{1+m}\right) - \frac{\alpha}{\beta},$$

подставляя сюда вмѣсто $\frac{l_1}{l}$ найденную ве-

личину $= \frac{\alpha+\beta r}{\alpha+\beta p}$, получимъ:

$$z = r + \frac{m}{1+m}(p-r),$$

т. е. уменьшеніе пара въ концѣ хода, при наивыгоднѣйшемъ расширеніи, будетъ мало разниться отъ давленія сжатаго пара и слѣдовательно наивыгоднѣйшая степень расширенія такова, что при ней въ концѣ хода, давленія на обѣ поверхности поршня почти одинаковы, такъ что поршень дальше не могъ бы двигаться.(*)

Сравненіе дѣйствія локомотива съ расширеніемъ съ дѣйствіемъ локомотива безъ расширенія

Если мы раздѣлимъ отношеніе $\frac{W.v}{\Omega}$, найденное для локомотива съ расширеніемъ, на тоже отношеніе, найденное для локомотива безъ расширенія, то частное λ покажетъ во сколько разъ дѣйствіе локомотива съ расширеніемъ выгоднѣе дѣйствія локомотива безъ расширенія. При этомъ мы предположимъ, что для обоихъ паровозовъ p имѣетъ одинаковое значеніе:

Тогда:

$$\lambda = \frac{\left(\frac{\alpha}{\beta}+p\right)k - \left(\frac{\alpha}{\beta}+r\right)}{p-r} \cdot \frac{1+m}{\frac{l_1}{l}+m},$$

(*) Много есть причинъ, почему въ дѣйствительности не выгодно впускать паръ [illegible] [illegible] 2⅗ раза [illegible].

Изъ чего видно, чѣмъ больше p, тѣмъ дѣйствіе съ расширеніемъ выгоднѣе сравнительно съ дѣйствіемъ безъ расширенія (ибо k всегда меньше единицы и равно ей только въ машинахъ безъ расширенія.

Поэтому при дѣйствіи съ употребляемыми нынѣ паровозами, которые всѣ снабжены кулиссами, которыя служатъ также для перемѣны направленія движенія, съ большимъ успѣхомъ, относительно сбереженія топлива, пользуются этимъ приборомъ для перемѣны расширенія при измѣненіяхъ сопротивленія поѣзда, напр. при движеніи по скатамъ.

Движеніе съ двумя паровозами.

Довольно часто приходится дѣйствовать двумя паровозами, припряженными къ одному поѣзду, поэтому вопросъ о движеніи съ двумя паровозами можетъ имѣть практическій интересъ.

Мы примемъ, что оба локомотива имѣютъ машины безъ расширенія и назовемъ чрезъ W полное сопротивленіе поѣзда вмѣстѣ съ сопротивленіемъ локомотивовъ, а чрезъ v скорость поѣзда при установившемся равномѣрномъ движеніи. Затѣмъ назовемъ:

$O_1 O_2$ - площади поршней перваго и втораго паровозовъ.

$l_1 l_2$ — ходы поршней.
$D_1 D_2$ — діаметры ведущихъ колесъ.
$v_1 v_2$ — скорости поршней.
$S_1 S_2$ — паропроизводительности въ килограммахъ въ 1".
$p_1 p_2$ — давленія пара въ килограммахъ на 1кв. метръ.
$r_1 r_2$ — давленія мятаго пара.
$\alpha \beta$ — коэффиціенты формулы вѣса кубическаго метра пара $= \alpha + \beta p$.
$m_1 m_2$ — коэффиціенты вредныхъ пространствъ.

Искомыя величины будутъ: $v_1 v_2, V, p_1 p_2$.

Найденныя выше уравненія дѣйствія паровыхъ машинъ, при предположеніи равномѣрнаго движенія, для настоящаго случая будутъ:

$$(I) \quad 2O_1(p_1 - r_1) v_1 + 2O_2 (p_2 - r_2) v_2 = W. V.$$

Это уравненіе соотвѣтствуетъ первому изъ основныхъ, съ тою только разницею, что основное взято для времени одного оборота колеса, а это для времени одной секунды. Другія же уравненія останутся того же вида и будутъ:

$$(II) \quad S_1 = 2O_1 v_1 (\alpha + \beta p_1)(1 + m_1)$$

$$(III) \quad S_2 = 2O_2 v_2 (\alpha + \beta p_2)(1 + m_2)$$

$$(IV) \quad \frac{V}{v_1} = \frac{D_1 \pi}{2l_1}$$

$$(V) \quad \frac{V}{v_2} = \frac{D_2 \pi}{2l_2}.$$

Изъ II^го^ и III^го^ уравненій получимъ:

$$p_1 = \frac{S_1}{2O_1 v_1 \beta(1+m_1)} - \frac{\alpha}{\beta}; \; p_2 = \frac{S_2}{2O_2 v_2 \beta(1+m_2)} - \frac{\alpha}{\beta} \quad (13)$$

Подставляя эти величины въ I уравненіе, получимъ:

$$\frac{-S_1}{\beta(1+m_1)} + \frac{-S_2}{\beta(1+m_2)} - 2\left\{O_1 v_1\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_1\right) + O_2 v_2\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_2\right)\right\} = Wv$$

Подставляя сюда вмѣсто v_1 и v_2 равныя имъ величины изъ IV-го и V-го уравненій и выводя v, получимъ:

$$v = \frac{\frac{-S_1}{\beta(1+m_1)} + \frac{-S_2}{\beta(1+m_2)}}{W + \frac{4O_1 l_1}{D_1\pi}\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_1\right) + \frac{4O_2 l_2}{D_2\pi}\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_2\right)} \quad \ldots (D)$$

Подставляя эту величину въ выраженія для v_1 и v_2 и подставляя эти послѣднія въ выраженія для p_1 и p_2 (B), получимъ:

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= \frac{\frac{-S_1}{1+m_1}}{\frac{-S_1}{1+m_1} + \frac{-S_2}{1+m_2}}\left\{\frac{W + \frac{4O_1 l_1}{D_1\pi}\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_1\right) + \frac{4O_2 l_2}{D_2\pi}\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_2\right)}{\frac{4O_1 l_1}{D_1\pi}}\right\} - \frac{\alpha}{\beta} \\ p_2 &= \frac{\frac{-S_2}{1+m_2}}{\frac{-S_1}{1+m_1} + \frac{-S_2}{1+m_2}}\left\{\frac{W + \frac{4O_1 l_1}{D_1\pi}\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_1\right) + \frac{4O_2 l_2}{D_2\pi}\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_2\right)}{\frac{4O_2 l_2}{D_2\pi}}\right\} - \frac{\alpha}{\beta} \end{aligned}\right\} (C)$$

Назовемъ черезъ Z_1 и Z_2 силу тяги перваго и второго паровозовъ, тогда:

$$vZ_1 = 2O_1(p_1 - r_1)v_1$$
$$vZ_2 = 2O_2(p_2 - r_2)v_2$$

или, замѣняя въ этихъ выраженіяхъ p_1 и p_2 соотвѣтствующими имъ величинами, будемъ имѣть:

$$\left.\begin{aligned} Z_1 &= \frac{\frac{S_1}{1+m_1}}{\frac{S_1}{1+m_1} + \frac{S_2}{1+m_2}}\left\{W + \frac{4O_1 l_1}{D_1\pi}\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_1\right) + \frac{4O_2 l_2}{D_2\pi}\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_2\right)\right\} - \left(\frac{\alpha}{\beta}+r_1\right)\frac{4O_1 l_1}{D_1\pi} \\ Z_2 &= \frac{\frac{S_2}{1+m_2}}{\frac{S_1}{1+m_1} + \frac{S_2}{1+m_2}}\left\{W + \frac{4O_1 l_1}{D_1\pi}\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_1\right) + \frac{4O_2 l_2}{D_2\pi}\left(\frac{\alpha}{\beta}+r_2\right)\right\} - \left(\frac{\alpha}{\beta}+r_2\right)\frac{4O_2 l_2}{D_2\pi} \end{aligned}\right\} (E)$$

Теперь движеніе въ разсматриваемомъ случаѣ совершенно опредѣлено: уравненіе (А) даетъ скорость движенія; уравненіе (С) показываетъ упругость пара въ цилиндрахъ перваго и втораго паровозовъ, а уравненіе (Е) даетъ силу тяги каждаго паровоза. Если-бы оба паровоза были одинаковой конструкціи и размѣровъ, т.е. $O_1 = O_2$; $l_1 = l_2$; $D_1 = D_2$; $r_1 = r_2$; $m_1 = m_2$, то изъ уравненій (С) получимъ:

$$\frac{\alpha + \beta p_1}{\alpha + \beta p_2} = \frac{S_1}{S_2};$$

или, какъ α сравнительно съ βp при давленіяхъ выше 3-хъ атмосферъ величина малая, то ею можно пренебречь и отношеніе будетъ:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{S_1}{S_2},$$

т.е. что давленіе пара въ цилиндрахъ перваго и втораго локомотивовъ будутъ пропорціональны ихъ паропроизводительностямъ и слѣдовательно и сила тяги будетъ больше у того паровоза, паропроизводительность котораго больше. Притомъ надо замѣтить, что для устойчивости движенія, въ особенности въ началѣ его, необходимо тотъ паровозъ, сила тяги котораго больше, ставить впередъ, ибо если поставить впередъ слабѣйшій паровозъ, то всякое отклоненіе его вправо или влѣво будетъ усиливаться толканіемъ

задняго - сильнѣйшаго, передающаго часть своей силы на передній, что можетъ причинить сходъ съ рельсовъ; между тѣмъ, если передній будетъ болѣе сильный, то эти же уклоненія вправо или влѣво задняго паровоза (слабѣйшаго) будутъ ослабляться тягою передняго.

Изъ этого же очевидно, почему не слѣдуетъ двигать поѣзда (за исключеніемъ небольшихъ скоростей на крутыхъ подъемахъ), помѣщая паровозъ въ хвостъ поѣзда, или при движеніи съ двумя паровозами, помѣщая одинъ въ головѣ, а другой въ хвостъ поѣзда.

Выше изложенная теорія дѣйствія паровыхъ машинъ паровозовъ, совершенно достаточная для уразумѣнія главныхъ, основныхъ началъ, не годится для расчета размѣровъ проэктируемаго паровоза или для точнаго опредѣленія работы существующаго; въ разсмотрѣнной теоріи не принято въ соображеніе вліяніе парораспредѣлительнаго механизма а также вѣсъ единицы объема пара выражается формулою Навье, именно $\delta = \alpha + \beta p$ — (эта формула по новѣйшимъ изслѣдованіямъ Гена и Цейнера не даетъ вѣрныхъ результатовъ); обѣ эти причины вліяютъ на точность результатовъ. Также въ изложенномъ способѣ расчета не принято во вниманіе потеря упругости пара при переходѣ его изъ котла въ цилиндръ;

потерѣ пара между поршнемъ и стѣнками цилиндра и т. п.

Изслѣдованія Ранкина, Цейнера и Грасгофа доказали, что зависимость между объемами насыщеннаго влажнаго пара (содержащаго воду въ капельномъ видѣ — въ видѣ микроскопическихъ пузырьковъ) и давленіемъ этого пара можетъ быть выражена съ приближеніемъ, совершенно достаточнымъ для практики, уравненіемъ:

$$\left(\frac{p}{p_0}\right) = \left(\frac{v_0}{v}\right)^{\mu} \ (*)$$

гдѣ p и p_0 суть давленія пара, а v и v_0 соотвѣтственные этимъ давленіямъ удѣльные объемы пара.

Показатель μ зависитъ отъ содержанія воды въ парѣ (въ видѣ микроскопическихъ пузырьковъ) и можетъ быть выраженъ эмпирическою формулою Цейнера:

$$\mu = 1.035 + 0,100\, x'$$

Причемъ

$x'=1$, $\mu=1.135$ при 0% содержаніе воды (сухой паръ)
$x'=0,9$, $\mu=1.125$ " 10% " "
$x'=0,8$, $\mu=1.115$ " 20% " "
$x'=0,7$, $\mu=1.105$ " 30% " "

Выраженіе для μ вышеозначенное даетъ

(*) Эта формула выражаетъ законъ расширенія водяного пара въ сосудахъ безъ убавленія или прибавленія теплоты къ содержащейся въ парѣ.

точные результаты до $x' = 0,7$; впрочемъ содержаніе воды въ паръ, употребляемомъ для дѣйствія паровыхъ машинъ, не превосходитъ 30%. — Ранкинъ для μ принялъ постоянную величину равную $\frac{10}{9} = 1.111$, что не вѣрно, ибо соотвѣтствуетъ одному исключительному случаю содержанія 24% воды; также не вѣрна и величина $\mu = 1.41$ принятая Шмидтомъ въ его „Теоріи паровыхъ машинъ" — ибо эта величина соотвѣтствуетъ постояннымъ газамъ, а не водяному пару.

Содержаніе воды въ парѣ нѣсколько увеличиваетъ (очень слабо) работу пара при расширеніи, но увлеченіе паромъ большаго количества воды въ капельномъ видѣ представляетъ значительныя практическія неудобства, — какъ-то увеличеніе расхода топлива, загрязненіе дымовой коробки и т. п.

При дѣйствіи пара на поршень паровага цилиндра, когда паръ распредѣляется коробчатымъ золотникомъ съ наружными и внутренними напусками, съ предвареніемъ впуска и выпуска пара, будутъ существовать 6 періодовъ, а именно:

1) при прямомъ ходѣ поршня: считая отъ начала хода:

а) дѣйствіе пара полнымъ давленіемъ во все время пока золотникъ открываетъ окно — на протяженіи части хода поршня l,

b) Дѣйствіе пара расширеніемъ, которое начнется съ момента закрытія золотникомъ паровпускного окна до начала выпуска пара, т.е. когда поршень пройдетъ путь l_a отъ начала хода.

c) Предвареніе выпуска пара – во время котораго поршень проходитъ путь $l - l_a$;

2) При обратномъ ходѣ поршня: считая отъ начала хода:

d) выпускъ пара до начала сжатія пара; поршень въ это время пройдетъ путь l_c.

e) Сжатіе пара (когда золотникъ закроетъ выпускающее паръ окно) – которое продолжится до начала предваренія впуска пара; положимъ что сжатіе пара оканчивается по проходѣ поршнемъ пути l_e отъ начала хода.

f) Предвареніе впуска пара, во время котораго поршень пройдетъ путь $l - l_e$ и дойдетъ до конца своего хода.

Обозначимъ: черезъ d – діаметръ цилиндра, черезъ O площадь поршня $= 0,7854(d^2 - \frac{\Delta^2}{2})$ (если черезъ Δ назовемъ діаметръ поршневого стержня) и $= 0,7854(d^2 - \frac{\Delta^2 + \Delta_1^2}{2})$ (если стержень поршня имѣетъ другой діаметръ въ Δ_1). – Обыкновенно принимаютъ (что не вліяетъ ощутительно

регулятора), $\Theta = 0{,}7854\, d^2$, пренебрегая стержнемъ поршня; черезъ p_0 — абсолютное давленіе въ килограммахъ на 1 квадратный метръ пара въ котлѣ (давленіе одной атмосферы = = 10333 килогр. на 1 квадр. метръ); черезъ p_1 давленіе входящаго пара въ цилиндрѣ; оно при хорошихъ размѣрахъ паропроводныхъ трубъ и оконъ (площадь сѣченія паропроводной трубы не меньше $\frac{1}{14}$ площади поршня; площадь впускнаго окна также, обыкновенно, около $\frac{1}{14}$ о отношеніе длины къ ширинѣ около 7, а выпускнаго двойная) и открытомъ регуляторѣ меньше давленія пара въ котлѣ на 10% или даже только на 5%; при большихъ скоростяхъ и большихъ расширеніяхъ пара, при мало открытомъ регуляторѣ — эта потеря давленія гораздо больше — даже до 65%. Черезъ r — среднее давленіе пара передъ поршнемъ, во время выпуска пара, до начала сжатія пара (т. е. въ теченіе части хода поршня l_e) въ килограмм. на 1 кв. метръ; черезъ p_m — среднее движущее поршень давленіе пара, въ килограммахъ на 1 квадратный метръ, въ теченіе цѣлаго хода поршня. Черезъ r_m — среднее давленіе отработавшаго пара (мятаго) въ теченіе цѣлаго хода поршня.

Выведенное прежде уравненіе I т. е.

$$4\int_0^l \Theta y\,dx - 4\int_0^l \Theta \varrho\,dx = W\cdot D\pi$$

приметъ видъ:

$$4\theta l \{ p_m - r_m \} = W. \; D\pi$$

и слѣдовательно надо опредѣлить толь-ко p_m, и r_v.

p_m будетъ среднее давленіе пара въ продолженіи первыхъ трехъ періодовъ, т. е. впуска пара при прохожденіи поршнемъ пути l_1, расширенія пара, при прохожденіи поршнемъ пути $l_a - l_1$ и наконецъ прекращенія выпуска пара, при прохожденіи поршнемъ пути $l - l_a$.

Называя черезъ y давленіе пара, когда впускъ прекращенъ и поршень прошелъ, отъ начала хода, путь $x > l_1$, тогда будемъ имѣть:

$$\frac{p_1}{y} = \left(\frac{\theta x + \theta m l}{\theta l_1 + \theta m l}\right)^{\mu} = \left(\frac{x + ml}{l_1 + ml}\right)^{\mu},$$

откуда

$$y = p_1 \left(\frac{\frac{l_1}{l} + m}{\frac{x}{l} + m}\right)^{\mu}$$

Работа пара во время расширенія будетъ: (для одного цилиндра)

$$\theta \int_{l_1}^{l_a} y\,dx = \theta p_1 \left(\frac{l_1}{l} + m\right)^{\mu} \int_{l_1}^{l_a} \frac{dx}{\left(\frac{x}{l} + m\right)^{\mu}} =$$

$$= \frac{\theta p_1 l}{(\mu - 1)} \left(\frac{l_1}{l} + m\right) \left\{1 - \left(\frac{\frac{l_1}{l} + m}{\frac{l_a}{l} + m}\right)^{\mu - 1}\right\},$$

а работа въ теченіе цѣлаго хода поршня будетъ:

$$\theta p_m l = \underset{\text{1-ый періодъ впускъ пара}}{\theta p_1 l_1} + \underset{\text{2-ой періодъ расширеніе пара}}{\frac{\theta p_1 l}{\mu - 1}\left(\frac{l_1}{l} + m\right)\left\{1 - \left(\frac{\frac{l_1}{l} + m}{\frac{l_a}{l} + m}\right)^{\mu - 1}\right\}} +$$

$$+ \underset{\text{3-ій періодъ - выпускъ пара}}{\theta (l - l_a) p_2}$$

откуда:

$$p_m = p_1\left[\frac{l_1}{l} + \frac{\left(\frac{l_1}{l}+m\right)}{\mu-1}\left\{1-\left(\frac{\frac{l_1}{l}+m}{\frac{l_a}{l}+m}\right)^{\mu-1}\right\}\right] + p_2\left(1-\frac{l_a}{l}\right);$$

Надо замѣтить, что въ машинахъ, съ коробчатыми парораспредѣлительными золотниками, давленіе въ цилиндрахъ, въ моментъ прекращенія впуска пара, будетъ нѣсколько меньше чѣмъ p_1, вслѣдствіе того, что передъ закрытіемъ паровпускнаго окна, паръ будетъ входить въ цилиндръ очень съуженнымъ отверстіемъ; вообще можно принять, что это давленіе, въ моментъ прекращенія впуска пара, составляетъ $0{,}95\,p_1$ и тогда:

$$p_m = p_1\left[\frac{l_1}{l} + 0{,}95\,\frac{\left(\frac{l_1}{l}+m\right)}{\mu-1}\left\{1-\left(\frac{\frac{l_1}{l}+m}{\frac{l_a}{l}+m}\right)^{\mu-1}\right\}\right] + \left(1-\frac{l_a}{l}\right)p_2.$$

Давленіе мятаго пара r зависитъ отъ устройства золотниковъ, болѣе или менѣе открытаго конуса, и большей или меньшей скорости хода поршня; оно можетъ быть выражено формулою:

$$r = 10333\left\{1+\frac{1}{7000}\left(\frac{O}{\omega}\,v\right)^2\right\},$$

гдѣ ω площадь паропроводнаго окна, а v скорость поршня; можно принимать r отъ 1,15 атмосферы (для товарныхъ паровозовъ) до 1,27 атмосферы (скорость пассажирскихъ паровозовъ).

Мятый паръ имѣетъ давленіе r въ продолженіи части хода поршня, равной l_2, что на-

конца хода, пока выпускъ пара не будетъ прекращенъ; затѣмъ оставшійся въ цилиндрѣ паръ сжимается, пока поршень проходитъ путь $l_e - l_c$ и наконецъ въ продолженіи пути $l - l_e$, проходимаго поршнемъ до конца хода, происходитъ впускъ пара изъ котла.

Работа пара во время сжатія будетъ:

$$\Omega \int_{l_c}^{l_e} \rho \, dx ,$$

гдѣ ρ опредѣлится изъ условія

$$\frac{\rho}{r} = \left(\frac{\Omega(l - l_e) + \Omega l m}{\Omega(l - x) + \Omega l m} \right)^{\mu} = \left(\frac{1 - \frac{l_e}{l} + m}{1 - \frac{x}{l} + m} \right)^{\mu},$$

откуда

$$\rho = r \left(1 - \frac{l_e}{l} + m \right)^{\mu} \frac{1}{\left(1 - \frac{x}{l} + m\right)^{\mu}} ;$$

тогда

$$\Omega \int_{l_c}^{l_e} \rho \, dx = r \left(1 - \frac{l_e}{l} + m\right)^{\mu} \Omega \int_{l_c}^{l_e} \frac{dx}{\left(1 - \frac{x}{l} + m\right)^{\mu}} =$$

$$= \frac{r \cdot \Omega}{\mu - 1} \left(1 - \frac{l_e}{l} + m\right) \left[\left(\frac{1 - \frac{l_c}{l} + m}{1 - \frac{l_e}{l} + m} \right)^{\mu - 1} - 1 \right]$$

Надо замѣтить, что въ концѣ выпуска пара, онъ выходитъ очень суженнымъ отверстіемъ, почему давленіе пара, въ моментъ начала сжатія, будетъ нѣсколько больше r и можно его принять въ $1{,}1r$, тогда:

$$\Omega \int_{l_c}^{l_e} \rho \, dx = \frac{1{,}10 r}{\mu - 1} \left(1 - \frac{l_e}{l} + m\right) \left[\left(\frac{1 - \frac{l_c}{l} + m}{1 - \frac{l_e}{l} + m} \right)^{\mu - 1} - 1 \right];$$

вся же работа въ теченіе цѣлаго хода поршня будетъ:

$$\Omega r_m l = \underbrace{\Omega r l_e}_{\text{4-й періодъ выпускъ пара}} + \underbrace{\frac{1{,}1 \cdot \Omega r l \left(1 - \frac{l_e}{l} + m\right)}{\mu - 1} \left[\left(\frac{1 - \frac{l_c}{l} + m}{1 - \frac{l_e}{l} + m} \right)^{\mu - 1} - 1 \right]}_{\text{5-й періодъ сжатіе пара}} + \underbrace{\Omega p_1 (l - l_e)}_{\text{6-й періодъ предвареніе впуска пара}}$$

откуда:

$$r_m = r\left\{\frac{l_e}{l} + \frac{1{,}1\left(1-\frac{l_e}{l}+m\right)}{\mu-1}\left[\left(\frac{1-\frac{l_e}{l}+m}{1-\frac{l_e}{l}+m}\right)^{\mu-1}-1\right]\right\} +$$
$$+ r_0\left(1-\frac{l_e}{l}\right).$$

Опредѣливши такимъ образомъ p_m и r_m наше уравненіе I будетъ:

$$4.0 l\,(p_m - r_m) = W \cdot D \cdot \pi \quad . \; . \; . \; (I)$$

откуда W т.е. побѣждаемое сопротивленіе паровыми машинами паровоза будетъ:

$$W = \frac{4 \cdot \pi d^2 l}{4 \cdot D \cdot \pi}(p_m - r_m) = \frac{d^2 l\,(p_m - r_m)}{D}. -$$

Надо обратить вниманіе на то, что выраженіе $4.0l(p_m - r_m)$ выражаетъ въ килограмметрахъ индикаторную работу пара въ цилиндрахъ паровоза, въ теченіи одного хода и слѣдовательно

$$W = \frac{d^2 l\,(p_m - r_m)}{D}$$

выражаетъ силу тяги паровоза, отнесенную къ окружности ведущихъ колесъ паровоза — но безъ вычета силы, расходуемой на преодолѣніе сопротивленій механизма паровоза (отъ поршня до ведущихъ колесъ); эта потеря силы приблизительно можетъ быть принимаема въ $\frac{1}{5}$ или 20% валовой, такъ что полезная сила тяги паровоза будетъ:

$$W_0 = 0{,}8\,\frac{d^2 l}{D}(p_m - r_m) \quad . \; . \; . \; (I\ bis)$$

При наибольшей работѣ паровоза, которую онъ можетъ исполнять продолжительное время, впускъ пара простирается отъ 40% до 60% цѣлаго хода поршня (по самому уст-

ройству парораспредѣлительныхъ механизмовъ—впускъ пара не можетъ простираться болѣе чѣмъ на 75% или 80%,— но при такихъ условіяхъ паровозъ не можетъ нормально работать— ибо котелъ не въ состояніи будетъ приготовить достаточное количество пара) — обыкновенно около 50%. При этихъ условіяхъ и разсчитываютъ размѣры проектируемаго паровоза, причемъ выраженію (I bis) придаютъ другой видъ, а именно:

$$W = 0,8 \frac{d^2 l}{D} k.p,$$

гдѣ p дѣйствительное давленіе пара въ котлѣ въ килограммахъ на 1 кв. метръ (т.е. абсолютное за вычетомъ одной атмосферы) или если p выражается въ атмосферахъ, то

$$W = 0,8 \times 10333 \frac{d^2 l}{D} k.p. -$$

Обыкновенно коэффиціентъ k принимаютъ отъ 0,6 до 0,65 и онъ заключаетъ въ себѣ какъ всѣ потери давленія пара, такъ и дѣйствіе его расширеніемъ.

Если для примѣра возьмемъ 8^ми^ колесный товарный паровозъ серіи З Николаевской желѣзной дороги, діаметръ цилиндровъ котораго $d = 0,5$ метра, $l = 0,65$ метра, $D = 1,3$ метра, $m = 0,08$, $p_0 =$ наибольшимъ $8\frac{1}{2}$ атмосферъ, $p_1 = 0,9 p_0$ и впускъ пара въ 50% (т.е. когда переводный рычагъ установленъ на 50 зубцѣ), причемъ:

$\frac{l_1}{l} = 0,500$; $\frac{l_a}{l} = 0,810$; $1 - \frac{l_c}{l} = 0,172$; $1 - \frac{l_0}{l} = 0,208$, а также что паръ содержитъ 20% воды, т. е. $p = 1.115$ а $r = 1.15$ атмосферъ: то будемъ имѣть:

$p_m - r_m = 45765$ килограмм. на 1 кв. метръ и $K = 0,60$ (*). — Можно принимать и $K = 0,65$. — Тогда сила тяги паровыхъ машинъ паровоза, отнесенная къ окружности ведущихъ колесъ, безъ вычета сопротивленій механизма будетъ:

$$0,65 \frac{d^2 l}{D} p,$$

а съ вычетомъ этихъ сопротивленій

$$0,8 \times 0,65 \frac{d^2 l}{D} p = 0,52 \frac{d^2 l}{D} p$$ —

если p выражено въ килограммахъ на 1 кв. метръ, а если въ атмосферахъ, то эти выраженія надо умножить на 10333. —

Расходъ пара въ одинъ оборотъ колеса будетъ:

$$\frac{2\pi d^2}{4}\, 2.\, l \left\{ \left(\frac{l_1}{l} + m + \left(1 - \frac{l_c}{l}\right) \right) \delta - \left(m + \left(1 - \frac{l_c}{l}\right) \right) \delta_1 \right\},$$

гдѣ δ есть вѣсъ 1 кубическаго метра пара при давленіи $0,95\,p$, а δ_1 есть вѣсъ 1 кубическаго метра пара при давленіи $1,1\,r$; величины

(*) работа при одномъ ходѣ поршня, въ одномъ цилиндрѣ будетъ: $\frac{3.14 \times 0,5^2}{4} \times 0,65 \times 45765^{к.м.} = 5858$ к. метр.; по опыту — при впускѣ на 50% — съ индикаторомъ на Вержбовицкомъ подъемѣ эта работа была опредѣлена въ $\frac{6002 + 5742}{2} = 5874\frac{1}{2}$ к. м. (книга Г. Щенсновича „Дѣйствіе паровозовъ противупаромъ" стр. 25. — Изъ этой весьма дѣльной книги взяты данныя относительно паровозовъ серіи З.). —

ры δ и δ_1 можно взять изъ таблицъ Цейне-
ра въ его „Основаніяхъ механической тео-
ріи теплоты" или изъ книги Грасгофа
„Resultate der mechanischen Wärmetheorie"
1870. стр. 18-19-20. — Называя число оборо-
товъ въ 1 секунду черезъ n и зная, что
$n . \pi D = V$ скорости поѣзда въ 1 секунду, бу-
демъ имѣть, что расходъ пара въ 1 секун-
ду будетъ:

$$\pi d^2 l . n \left(\left(\frac{l_1}{l} + m + \left(1 - \frac{l_2}{l}\right)\right) \delta - \left(m + \left(1 - \frac{l_2}{l}\right)\right) \delta_1 \right) =$$
$$= \frac{d^2 l}{D} V \left(\left(\frac{l_1}{l} + m + 1 - \frac{l_2}{l} \right) \delta - \left(m + 1 - \frac{l_2}{l} \right) \delta_1 \right);$$

а въ часъ расходъ пара будетъ:

$$3600 \frac{d^2 l . V}{D} \left\{ \left(\frac{l_1}{l} + m + 1 - \frac{l_2}{l} \right) \delta - \left(m + 1 - \frac{l_2}{l} \right) \delta_1 \right\}.$$

Къ этой величинѣ надо прибавить потерю
пара черезъ промежутокъ между поршнемъ
и стѣнками цилиндра — вслѣдствіе неплот-
наго прилеганія поршневой набивки (упру-
гихъ колецъ) къ стѣнкамъ цилиндра. По
опытамъ Брейскерса, надъ постоянными
машинами эта потеря въ часъ времени,
въ килограммахъ, можетъ быть выраже-
на формулою:

$$A . d \sqrt{p_m - r_m},$$

гдѣ p_m и r_m выражены въ атмосферахъ, т. е.
раздѣлены на 10333, A численный коэффи-
ціентъ, который равенъ 450 для одного
цилиндра; для двухъ же онъ будетъ 900.
Тогда расходъ пара въ часъ будетъ:

$$S = \frac{3600 d^2 l V}{D} \left\{ \frac{l_1}{l} + m + 1 - \frac{l_2}{l} \right) \delta - \left(m + 1 - \frac{l_2}{l} \right) \delta_1 \right\} + 900 d \sqrt{p_m - r_m} \quad \ldots \quad (II)$$

Потеря пара $\lambda . \delta \sqrt{p_m - r_m}$ быстро возрастаетъ съ уменьшеніемъ впуска пара и довольно медленно съ уменьшеніемъ скорости движенія паровоза. Она можетъ составить отъ 10% до 30% (по вычисленію) всего количества пара потребляемаго паровозомъ.- Если мы черезъ W.V назовемъ работу паровоза въ 1 секунду въ килограмметрахъ, то полезное дѣйствіе пара будетъ тѣмъ больше, чѣмъ отношеніе $\frac{W.V}{S}$ будетъ больше. Опредѣливъ это отношеніе для разныхъ степеней впуска пара, напр. для $\frac{e_1}{e} = \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}$, мы бы нашли, что наибольшихъ величинъ достигаетъ это выраженіе при $\frac{e_1}{e}$ отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ (что подтверждается и опытами Фёлькерса надъ постоянными машинами безъ холодильника, но съ расширеніемъ: „Der Indicator" 1863. v. J. Völkers, стр. 83 и слѣд.). Поэтому невыгодно давать очень сильное расширеніе пару, и это происходитъ отъ вліянія члена $\lambda . \delta \sqrt{p_m - r_m}$ - который составляетъ тѣмъ большую часть S, чѣмъ $\frac{e_1}{e}$ меньше.

При опредѣленіяхъ опытомъ расхода воды при движеніи паровозовъ - обыкновенно измѣряютъ объемъ израсходованной воды въ тендерѣ и вычисляютъ объемъ пара, дѣйствительно наполнявшій цилиндры; разность обыкновенно принимаютъ за потерю воды, унесенной въ капельномъ видѣ вмѣстѣ съ паромъ (Vuillemin, Guebhard et Dieudonné.. De la resistance

des trains etc.). – Такое опредѣленіе не точно, ибо эта разность дѣлится на двѣ части: одну — представляющую дѣйствительно унесенную воду въ видѣ микроскопическихъ пузырьковъ и другую — [illegible]. – Поэтому не слѣдуетъ считать болѣе 20% воды (въ капельномъ видѣ) въ пару. Если бы вмѣсто V, скорости поѣзда въ секунду, мы хотѣли бы вставить скорость V_0, въ километрахъ въ часъ, то какъ $V = \frac{1000}{3600} \cdot V_0$ мы получили бы:

$$S = 1000 \frac{d^2 l}{D} \cdot V_0 \left\{ \left(\frac{l_1}{l} + m + 1 - \frac{l_2}{l} \right) f - \left(m + 1 - \frac{l_2}{l} \right) f_1 \right\} + 900\, d \sqrt{p_m - r_m},$$

гдѣ p_m и r_m выражены въ атмосферахъ, т. е. найденныя цифры для нихъ раздѣлены на 10333. – Если бы мы хотѣли оставить p_m и r_m въ килограммахъ на квадратный метръ, то вмѣсто коэффиціента 900, надо подставить коэффиціентъ 9. – Это второе изъ основныхъ уравненій; третье, относящееся до расхода топлива, остается тоже, что и прежде и къ нему можетъ быть присоединено еще условіе, что $a . \Omega = S$, гдѣ a число килограммовъ воды испаряемой въ часъ однимъ квадратнымъ метромъ поверхности нагрѣва (т. е. топки и трубокъ), а Ω – есть вся поверхность нагрѣва въ квадратныхъ метрахъ. – Четвертое уравненіе остается тоже.

Лит. И. Браунъ д. П. Д. № 3. С.П.Б.

Если возьмемъ выраженіе для силы тяги паровоза $= 0,8 \frac{d^2 l}{D} p \cdot 0,65$, гдѣ p давленіе (дѣйствительное) пара въ котлѣ въ килограммахъ на 1 кв. метръ и захотимъ выразить p въ атмосферахъ, то сила тяги будетъ:

$$T = 0,8 \times 0,65 \times 10333 \frac{p d^2 l}{D};$$

умноживъ на V скорость паровоза въ секунду, равную $\frac{1000}{3600} V_0$, гдѣ V_0 скорость въ часъ въ километрахъ, получимъ работу въ килограммометрахъ, а раздѣливъ на 75 — въ паровыхъ лошадяхъ и тогда N число паровыхъ лошадей наибольшей, нормальной работы паровоза будетъ:

$$N = \frac{0,8 \times 0,65 \times 10333 \times 1000}{3600 \times 75} \cdot \frac{p d^2 l V_0}{D} = \frac{20 p d^2 l V_0}{D},$$

гдѣ d, l и D въ метрахъ, p — въ атмосферахъ, а V_0 въ километрахъ въ часъ. Паровозы могутъ развить очень большую работу, такъ паровозы большой скорости (Крамптона) и 8-ми колесные товарные могутъ дать до 400 паровыхъ лошадей, а товаро-пассажирскіе и товарные 6-ти колесные около 300 паровыхъ лошадей валовой работы. Въ нашемъ случаѣ, т. е. при 8-ми колесномъ паровозѣ серіи З, при впускѣ пара

$$T = \frac{0,8 \times 45765 \times 0,5^2 \cdot 0,65}{1,3} = 4568,81 \text{ килогр.}$$

Расходъ пара для этого паровоза будетъ въ часъ при $\frac{l_1}{l} = 0,50$, $1 - \frac{l_2}{l} = 0,008$, $\delta = 3,897$ при $0,95\, p_1 = 0,9 \times 8,5 \times 0,95 = 7,2675$ или $7\frac{1}{2}$ атмосферъ, а $\delta_1 = 0,756$ при $r = 1,15 \times 1,1$ атмосферъ,

тогда: при скорости $V_0 = 15^{кл}$ въ часъ:

$$S = \frac{0,25 \times 0,65}{1.3} \cdot V_0 \cdot 1000\left\{(0,5+0,08+0,008)3,897-(0,08+0,008)0,756\right\} + $$
$$+ 0,5 \times 900\sqrt{\frac{45765}{10333}} = 4171,87^{кил.} + 947.04^{к.}\,(*)$$

или круглымъ числомъ $5120^{к}$.—

Поверхность нагрѣва этого паровоза составляетъ 185 кв. метровъ и слѣдовательно каждый квадратный метръ долженъ давать около $\frac{5120}{185}$ = около $27\frac{1}{2}$ килограммовъ пара — что возможно при нѣсколько усиленной топкѣ. Кромѣ того, по принятому нами выше, паръ уноситъ до 20% въ капельномъ видѣ и слѣдовательно расходъ воды на 1 квадратный метръ поверхности нагрѣва будетъ около 33 килограммовъ.

Полезная работа паровоза въ паровыхъ лошадяхъ будетъ:

$$N_u = \frac{Г \cdot V_0 \cdot 1000}{3600 \times 75} = \frac{4568,81 \times 15 \times 1000}{3600 \times 75} = 254$$

паровыхъ лошадей, а индикаторная =

$$= N_i = \frac{N_u}{0,8} = 317\tfrac{1}{2}$$ паровыхъ лошадей.

Сцѣпленіе этого паровоза, вѣсъ котораго на ходу равенъ 44 тоннамъ равно $\frac{44 \times 1000}{7} = 6285$ килограммовъ.

Опредѣлимъ какой поѣздъ этотъ паровозъ можетъ везти со скоростью 15 километровъ въ часъ, при 50% впуска пара на подъемъ въ 0,005?— Вѣсъ паровоза равенъ 44-т.—

(*) иначе что потеря пара составляетъ $\frac{947.04 \times 100}{4171.87}$ = около 23% дѣйствительно стремящагося на наполненіе цилиндровъ пара — или $\frac{947.04 \times 100}{5120}$ = около 18% всего расходуемаго количества.

Листъ 8. Ординарный профессоръ Ершовъ

тоннахъ, тендера 28 тоннахъ; сопротивленіе паровоза движенію по горизонтальному пути уже введено въ силу тяги, коэффиціентомъ 0,8; сопротивленіе тендера по горизонтальному пути можно принять въ 5 к. на тонну, а вагоновъ по формулѣ 1.65 + 0,05 V (De la resistance des trains etc p. Vuillemin, Guebhard et Dieudonné); называя черезъ $\underline{x}$ искомый вѣсъ поѣзда, будемъ имѣть уравненіе:

$$4567,81 = 44 \times 5 + 28 (5+5) + x [x + 1,65 + 0,05 \times 15]$$

откуда $x = 550^{\text{тоннъ}}$, а полагая вѣсъ нагруженнаго вагона въ 16 тоннъ, число нагруженныхъ вагоновъ будетъ 35.–

На подъемѣ въ 0,007 паровозъ при тѣхъ же условіяхъ повезетъ 23 груженыхъ вагона. Уменьшая скорость напр. до 12 к. въ часъ, грузъ поѣзда можно увеличить (увеличивая впускъ пара напр. до 65% – 70%) – но далѣе уменьшить скорость уже будетъ неудобно, такъ какъ сцѣпленіе можетъ оказаться недостаточнымъ.

Переходъ изъ одного равномѣрнаго движенія въ другое.

Переходъ отъ одного равномѣрнаго движенія паровоза въ другое можетъ произойти при: 1) измѣненіи сопротивленія поѣзда, какъ напр. при переходѣ съ горизонтальнаго пути на подъемъ, 2) измѣненіи силы отопленія паровоза, 3) измѣненіи площади отверстія, открываемаго регуляторомъ,

4) измѣненіи степени расширенія пара въ цилиндрахъ, 5) измѣненіи площади отверстія конуса и наконецъ 6) совпаденіи двухъ или болѣе поименованныхъ обстоятельствъ отъ 1 до 5 включительно.

Для облегченія изложенія обозначимъ первоначальное равномѣрное движеніе черезъ A, а другое, въ которое переходитъ первоначальное, черезъ B.

Если движеніе измѣняется изъ A въ B отъ одного только увеличенія сопротивленія поѣзда, при неизмѣняемости прочихъ обстоятельствъ, то немедленно уменьшится скорость движенія, ибо при движеніи A, давленіе пара въ цилиндрахъ было таково, что средняя его величина уравновѣшивалась сопротивленіемъ поѣзда; при увеличеніи же послѣдняго равновѣсіе это нарушается и движеніе дѣлается укоснительнымъ.

Вслѣдствіе уменьшенія скорости въ единицу времени будетъ расходоваться меньшій объемъ пара, что повлечетъ за собою (при постоянной паропроизводительности) скопленіе пара въ котлѣ и слѣдовательно увеличеніе его упругости. Такъ какъ такимъ образомъ давленіе въ котлѣ будетъ увеличиваться, то будетъ увеличиваться и давленіе въ цилиндрѣ, что будетъ продолжаться пока средняя его величина не уравновѣсится съ увеличеннымъ сопротивленіемъ. Тогда прекратится и возрастаніе

движенія пара въ котлѣ. При этомъ, такъ какъ паропроизводительность осталась одинакова, т. е. въ единицу времени, какъ при движеніи А, такъ и при движеніи В приготовлялся и расходовался одинъ и тотъ же вѣсъ пара, а какъ при В упругость пара больше чѣмъ при А, т. е. тотъ же вѣсъ пара имѣетъ меньшій объемъ, то при В скорость поршня, а слѣдовательно и скорость поѣзда будетъ меньше, чѣмъ при А. Слѣдовательно при увеличеніи только одного сопротивленія при одинаковыхъ прочихъ обстоятельствахъ увеличится упругость пара въ котлѣ и цилиндрахъ и уменьшится скорость движенія. Обратное произойдетъ при уменьшеніи сопротивленія.

Когда перемѣна движенія А происходитъ черезъ увеличеніе одной силы огня въ топкѣ, то прежде всего увеличится паропроизводительность и слѣдовательно въ котлѣ количество пара будетъ увеличиваться, ибо расходъ пара при А меньше образовавшейся паропроизводительности. Вслѣдствіе сего начнетъ увеличиваться давленіе пара въ котлѣ и цилиндрахъ, а какъ сопротивленіе не измѣнилось, то средняя величина давленія пара въ цилиндрахъ будетъ больше сопротивленія, отнесеннаго къ той же площади поршня; черезъ это движеніе сдѣлается ускорительнымъ и слѣдовательно скорости какъ поршня такъ и поѣзда будутъ увели-

гиваться, пока расходъ пара не уравновѣсит-
ся съ паропроизводительностью. Тогда дви-
женіе сдѣлается снова равномѣрнымъ. —
Слѣдовательно при увеличеніи силы огня въ
топкѣ движеніе A измѣнится въ B, кото-
рое будетъ отличаться отъ перваго толь-
ко большею скоростью. Строго говоря, такъ
какъ при большей скорости и сопротивленіе
возрастетъ, то въ настоящемъ случаѣ нѣ-
сколько возрастетъ и упругость пара. При
уменьшеніи силы огня въ топкѣ произой-
детъ обратное.

Если переходъ состоянія A въ B проис-
ходитъ вслѣдствіе одного измѣненія отвер-
стія конуса, то первоначально увеличится
давленіе мятаго пара, и слѣдовательно
и сопротивленіе движенію. Вслѣдствіе уве-
личенія сопротивленія должно увеличиться
и давленіе пара въ цилиндрахъ и умень-
шиться скорость, которая начнетъ за-
тѣмъ увеличиваться, вслѣдствіе увели-
ченія паропроизводительности черезъ уси-
леніе горѣнія топлива, производимаго уси-
леніемъ тяги (вслѣдствіе суженія от-
верстія конуса). Это будетъ продолжаться
до тѣхъ поръ, пока не возстановится равно-
вѣсія между расходомъ пара и паропроиз-
водительностью, а также между давле-
ніемъ пара и увеличеннымъ, вслѣдствіе су-
женія отверстія конуса, сопротивленіемъ;
тогда образуется равномѣрное движеніе B.

Такъ какъ здѣсь сперва скорость уменьшится (вслѣдствіе увеличенія сопротивленія черезъ съуженіе отверстія конуса), а затѣмъ увеличится (вслѣдствіе увеличенія паропроизводительности, черезъ усиленіе тяги, происходящаго отъ того же съуженія отверстія конуса), то безъ расчета или прямаго опыта невозможно опредѣлить, будетъ-ли скорость движенія B болѣе или менѣе скорости первоначальнаго движенія A. Впрочемъ, можно сказать, что уменьшеніе скорости можетъ произойти только при весьма большомъ уменьшеніи отверстія конуса, на практикѣ недопускаемыхъ, такъ въ дѣйствительности при уменьшеніи отверстія конуса скорость движенія увеличится. Обратное будетъ при увеличеніи отверстія конуса.

Когда переходъ отъ движенія B въ движеніе B производится однимъ только измѣненіемъ отверстія, закрываемаго регуляторомъ и напр. уменьшеніемъ его, то первоначально черезъ это увеличится сопротивленіе проходу пара изъ котла въ цилиндры и слѣдовательно паръ будетъ проходить въ цилиндры при меньшей упругости, чѣмъ при движеніи B. — Черезъ это скорость движенія сперва уменьшится, расходъ пара тоже, но за тѣмъ, такъ какъ паропроизводительность останется таже, то въ котлѣ будетъ скопляться паръ, упругость его увеличиваться и это будетъ продолжаться до тѣхъ поръ,

пока давленіе пара въ котлѣ не повысит-ся до столько, чтобы давленіе пара въ ци-линдрѣ уравновѣсилось съ сопротивленіемъ, или, по постоянству послѣдняго, приняло прежнюю величину свою при движеніи А. Тогда движеніе сдѣлается равномѣрнымъ, расходъ пара уравновѣсится съ паропроиз-водствомъ и скорость движенія будетъ такая, что и при движеніи А. Слѣдовательно умень-шеніе отверстія, закрываемаго регулято-ромъ, измѣнитъ движеніе А въ другое В, отличающееся отъ перваго только большею упругостью пара въ котлѣ. Обратное будетъ при увеличеніи отверстія, закрываемаго регуляторомъ.

Если состояніе движенія А будетъ измѣ-нено посредствомъ увеличенія сопротивленія, то сначала среднее давленіе пара въ цилинд-рѣ уменьшится и также вмѣстѣ съ нимъ и скорость движенія; потому въ котлѣ будетъ скопляться паръ и давленіе его уве-личиваться, пока не возстановится новое движеніе В, при которомъ расходъ пара уравновѣсится съ производительностью его. — Въ этомъ новомъ движеніи В давленіе пара будетъ больше, потому что среднее давленіе пара въ цилиндрѣ должно имѣть прежнюю величину, а какъ впускъ пара продолжится меньшее время, то первоначаль-ное давленіе пара въ цилиндрѣ должно быть больше въ состояніи В, чѣмъ въ А.

Также и скорость въ движеніи №3 будетъ больше, ибо при каждомъ ходѣ поршня, въ цилиндръ впускается меньшій объемъ пара, между тѣмъ какъ паропроизводительность осталась таже. – Остальные элементы движенія останутся тѣже.

Управленіе движеніемъ паровоза должно быть основано на правильномъ знаніи дѣйствій, которыми можно изъ одного равномѣрнаго движенія перейти въ другое.

О приготовленіи пара въ паровозахъ.

Обращеніе воды въ паръ въ паровыхъ котлахъ производится, какъ извѣстно, дѣйствіемъ теплоты, проявляющейся при горѣніи топлива въ топкахъ котловъ; поэтому мы первоначально займемся разсмотрѣніемъ свойствъ разныхъ топливъ, употребляемыхъ для образованія пара въ паровыхъ котлахъ и тѣхъ условій ихъ горѣнія, которыя соотвѣтствуютъ наивыгоднѣйшему ихъ употребленію. – Главные роды топлива, употребляемые на желѣзныхъ дорогахъ, суть: каменный уголь, антрацитъ, коксъ и дерево, также торфъ (въ Германіи) и особые кирпичи изъ мелкихъ остатковъ каменнаго угля и каменноугольной смолы, служащей цементомъ (во Франціи и Бельгіи).

Всѣ эти топлива состоятъ главнымъ образомъ изъ углерода и потому мы сперва разсмотримъ горѣніе чистаго углерода или угля,

къ которому болѣе или менѣе приближается горѣніе всѣхъ вышесказанныхъ топливъ.

Углеродъ отдѣляетъ при горѣніи въ кислородѣ или воздухѣ теплоту и соединяясь съ кислородомъ преобразовывается въ угольную кислоту. Если углеродъ (C) и кислородъ (O) находятся въ топкѣ, въ требуемыхъ для этого процесса пропорціяхъ, то весь C будетъ обращенъ въ угольную кислоту (CO_2) и горѣніе будетъ полное. Но если весь C будетъ слишкомъ великъ относительно введеннаго въ топку воздуха, то кромѣ продуктовъ горѣнія будутъ, кромѣ CO_2, и два другихъ, именно окись углерода (CO) и дымъ и горѣніе въ этомъ случаѣ будетъ неполное. - Угольная кислота состоитъ приблизительно изъ 1 части углерода и 2,5 ч. кислорода, по вѣсу и слѣдовательно, чтобы обратить 1 фунтъ углерода въ CO_2 нужно его сжечь при допускѣ 2,5 фунтовъ кислорода или 12,5 фунтовъ воздуха, ибо воздухъ, (приблизительно) состоитъ изъ $^4/_5$ по вѣсу, азота и $^1/_5$ кислорода). На дѣлѣ нужно употребить почти двойное количество воздуха, ибо не весь онъ служитъ для горѣнія, а частью безполезно проходитъ чрезъ топки, при нынѣшнихъ несовершенныхъ устройствахъ сихъ послѣднихъ. - Окись углерода состоитъ изъ 1 части C и 1,4 (приблизительно), по вѣсу, O, такъ что для обращенія 1 фунта угля въ CO потребно около

горючаго воздуха, вмѣсто 12,5, нужныхъ для обращенія того же количества угля въ CO_2.

Изъ этого видно, почему мы допускаемъ образованіе [illegible] всякій разъ, когда при горѣніи притокъ воздуха недостаточенъ, и какъ ни это, [illegible], отдѣляетъ значительное количество теплоты (1 килограммъ даетъ 2000 единицъ теплоты; углеродъ же даетъ отъ 8000 до 7000 единицъ), то образованіе его въ топкахъ, причемъ онъ уходитъ въ трубу несгорѣвшимъ, всегда вредно, ибо въ этомъ случаѣ теряется безполезно большое количество теплоты, которую можно было бы получить при обращеніи того же количества угля въ угольную кислоту. Даже если бы образовавшаяся CO была сожжена, то и тогда не такъ выгодно, какъ прямое обращеніе C въ CO_2, ибо химическія реакціи при этомъ происходящія всегда причиняютъ нѣкоторое замедленіе.

<u>Дымъ</u>, также какъ и CO появляется при горѣніи угля, это надо [illegible] въ [illegible] въ топкѣ. Тонкая угольная пыль увлекается продуктами горѣнія и несгорѣвшая, по недостатку воздуха, образуетъ дымъ. - Дымъ также можетъ быть слѣдствіемъ охлажденія продуктовъ горѣнія, напр. при горѣніи каменнаго угля, образуются разныя углеродисто-водородныя соединенія, которыя подымаются въ видѣ газовъ и сгораютъ на нѣкоторомъ возвышеніи надъ слоемъ топлива, если поверхъ топлива пропущена будетъ струя

роднаго воздуха, что при сгораніи этихъ соединеній, водородъ ихъ, не требующій для своего сгоранія высокой температуры будетъ сгорать вполнѣ; углеродъ-же этихъ соединеній, требующій высокой температуры для своего сгоранія, горѣть не будетъ, вслѣдствіе низкой температуры притекающаго воздуха и будетъ улетаться въ видѣ тонкой пыли или дыма. - Также если притокъ воздуха будетъ недостаточенъ, то водородъ этихъ углеродисто-водородныхъ соединеній, имѣющій больше сродства съ кислородомъ, чѣмъ углеродъ, будетъ сгорать прежде, а углеродъ соединеній, по недостатку воздуха, сгорать не будетъ, а будетъ улетаться въ видѣ пыли, что вмѣстѣ съ непосредственно образующейся угольною пылью и образуетъ дымъ. Въ Западной Европѣ, въ особенности во Франціи, компаніи желѣзныхъ дорогъ обязаны уничтожить образованіе дыма въ паровозахъ, или сжигать дымъ, для чего придумано много дымосжигательныхъ снарядовъ или, лучше сказать, расположеній топокъ, которыя будутъ разсмотрѣны ниже. - Изъ всего вышесказаннаго видно, что для выгоднаго употребленія топлива, надо доставлять при его горѣніи такое количество воздуха, чтобы топливо вполнѣ преобразовалось въ угольную кислоту.

Продукты горѣнія топлива, смотря по ихъ составнымъ частямъ, будутъ во-

-бые газообразные и твердые. Послѣдніе называются *золою* (если они порошкообразны) и *шлакомъ* (если плавки) и состоятъ изъ минеральныхъ частей болѣе или менѣе плавкихъ. Газообразные же продукты горѣнія суть: угольная кислота, азотъ воздуха, пары воды (ибо всякое топливо заключаетъ въ себѣ немного влажности), всѣ эти продукты несгораемы; кромѣ того могутъ быть сгораемые продукты, какъ-то водородъ (если топливо содержитъ водородныя соединенія), окись углерода и дымъ, которые могутъ быть увлечены въ трубу, не успѣвъ сгорѣть. Наконецъ въ трубу также выходитъ излишекъ воздуха, который можетъ простираться до 4% и 50% всего количества воздуха, вводимаго въ топку. Изъ послѣдняго видно, что чѣмъ горѣніе будетъ быстрѣе, т. е. чѣмъ больше будетъ тяга и притокъ воздуха, тѣмъ болѣе будетъ въ единицу времени образовываться продуктовъ горѣнія и слѣдовательно болѣе будетъ и количество воздуха, безполезно проходящаго чрезъ топку, но только напрасно нагрѣвающагося, почему и унесеніе въ трубу теплоты безполезно будетъ больше. – Изъ этого видно, что для выгоднаго употребленія топлива, горѣніе въ топкѣ не должно быть ведено слишкомъ быстро; опытъ подтвердилъ это: Лордъ Дундональдъ нашелъ, что при быстромъ горѣніи 1 килограмма каменнаго угля производилось отъ 4 до 5

килограммовъ пара, тогда какъ при медленномъ горѣніи количество пара, образуемаго 1 килограммомъ угля, возрасло до 6 килограм. Наконецъ Корнуэльскіе котлы, извѣстные по своей экономности, дѣйствуютъ при самомъ медленномъ огнѣ. – При этомъ надо замѣтить, что чѣмъ горѣніе медленнѣе, тѣмъ будетъ въ единицу времени сожигаться меньше топлива на единицѣ площади рѣшетки, или другими словами, тѣмъ менѣе единица площади рѣшетки будетъ давать теплоты въ единицу времени (при томъ же топливѣ). – Слѣдовательно для полученія одного и того же количества теплоты въ единицу времени, площадь рѣшетки, для медленнаго горѣнія топлива, должна быть больше чѣмъ для быстраго. Въ паровозахъ же, гдѣ мѣсто очень стѣснено, большихъ размѣровъ рѣшеткамъ придавать нельзя, а теплоты требуется очень много, вслѣдствіе чего горѣніе должно быть ведено очень быстро, изъ чего видно, что употребленіе топлива въ локомотивахъ не можетъ быть такъ выгодно, какъ въ котлахъ постоянныхъ машинъ.

Главнѣйшіе роды топлива.

1) Каменный уголь. Каменный уголь есть ископаемое топливо, растительнаго происхожденія, находящееся въ природѣ въ большомъ количествѣ. Наружный видъ

его и свойства известны изъ минералогіи и здѣсь мы разсмотримъ каменный уголь только какъ топливо.

1 кубическая сажень каменнаго угля вѣситъ отъ 600 пудовъ. Каменный уголь составляютъ: 1) углеродъ, количество котораго превышаетъ иногда 90%, 2) летучія вещества, какъ кислородъ, водородъ и азотъ, 3) землистые или известковые остатки и часто немного желѣза въ видѣ окиси или сернистыхъ соединеній (колчедана), сѣра которыхъ при горѣніи образуетъ сернистую кислоту. Кислородъ можетъ входить въ составъ каменнаго угля въ количествѣ 10% и 12% и составляетъ вмѣстѣ съ углеродомъ и водородомъ смолу, которая дѣлаетъ уголь спекающимся. Наконецъ водородъ, соединяясь съ одной стороны съ азотомъ воздуха, а съ другой съ кислородомъ, образуетъ аммiакъ и немного воды. - Минеральныя вещества землистыхъ известковыхъ и другихъ породъ, присутствіе коихъ въ углѣ происходитъ большею частью отъ прослойки каменноугольной формаціи слоями другихъ несгораемыхъ породъ, образуютъ послѣ горѣнія <u>золу</u>, когда вещества эти не плавятся и <u>шлакъ</u>, если онъ состоятъ изъ плавящихся породъ: Къ золѣ этой прибавляется мелкій уголь, проваливающійся сквозь рѣшетку несгорѣвшимъ. Зола мѣшаетъ успѣшному горѣнію, засоряя

колосники и тѣмъ препятствуя свободному проходу воздуха, необходимаго для горѣнія, сквозь рѣшетку. Шлакъ особенно вреденъ, если онъ невполнѣ плавящійся, но когда онъ плавится до жидкаго вида, то онъ легко протекаетъ сквозь промежутки колосниковъ, не слишкомъ препятствуя проходу воздуха; когда же шлакъ образуетъ только густое тѣсто, то онъ не только закрываетъ проходъ воздуху, но еще спекаетъ колосники и разрушаетъ ихъ.

При движеніи паровоза, машинистъ долженъ время отъ времени очищать промежутки колосниковъ отъ шлака и золы. Количество золы или шлака, заключающагося въ каменномъ углѣ, весьма различно: весьма чистый Ньюкастльскій уголь содержитъ едва 1,5%; уголь, въ которомъ количество золы достигаетъ 20% (*), по вѣсу, уже не годится для отопленія паровозовъ. Присутствіе сѣры въ углѣ въ видѣ сѣрнистыхъ соединеній всегда очень вредно, какъ по непріятному для пассажировъ запаху продуктовъ горѣнія такого угля, такъ и по быстрой порчѣ колосниковъ, разъѣдаемыхъ сѣрою при высокой температурѣ. Наконецъ сѣрный колчеданъ

(*) при опытахъ въ лабораторіи. — въ практикѣ, при употребленіи въ паровозахъ, золы при такомъ углѣ будетъ гораздо болѣе 20%.

личаетъ свойство разлагаться на воздухѣ, отдѣляя сильную теплоту, которую иногда причиняетъ пожары въ складахъ угля. Такъ какъ присутствіе колчедана всегда замѣтно (кристаллы золотистаго цвѣта), то не трудно при пріемѣ угля отличить заключающій въ себѣ это сѣрнистое соединеніе.

По анализу англійскаго каменнаго угля разныхъ мѣсторожденій составъ его оказался измѣняющимся въ слѣдующихъ предѣлахъ:

Углерода . . .	отъ	91,50%	до	54,30%
Водорода . . .	"	6,10%	"	2,3%
Азота . . .	"	2,16%	"	0
Кислорода . .	"	24,22%	"	0,39%
Сѣры . .	"	5,07%	"	0,12%
(за исключеніемъ угля, содержащаго колчеданъ)				
Золы . . .	"	14,72%	"	1,50%

Такъ какъ количество воздуха, потребное для сгоранія 1 фунта каменнаго угля, обусловливается количествомъ заключающагося въ немъ углерода, то, какъ мы видѣли, что для сгоранія 1 фунта углерода нужно 12,5 фунтовъ воздуха и какъ количество углерода въ каменномъ углѣ можно по среднимъ числамъ принять въ 70%, то наименьшее, потребное для сожженія 1 фунта угля, количество воздуха должно быть не менѣе $0,70 \times 12,5 = 9,1$ фунта. Но при нынѣшнемъ, несовершенномъ устрой-

Лито. Брауна Демид. пер. д. №3

слоёвъ шлаковъ, значительное количество проходящаго черезъ топку воздуха неучаствуетъ въ горѣніи, причемъ количество избытка въ каменноугольныхъ [illegible] можетъ быть болѣе 70% и поэтому всегда лучше уменьшать [illegible] воздуха (заслонкой), чѣмъ его увеличивать, что по [illegible] приближенное количество впускаемаго воздуха должно быть увеличено. Какъ и такие вычисленія увеличиваютъ количество воздуха, теоретически необходимое для сожиганія угля, итакъ что количество воздуха, которое должно впускать въ топку для сожиганія 1 килограмма каменнаго угля, должно быть менѣе 20 или 30 килограммовъ, что соотвѣтствуетъ объему отъ 22 до 26 кубическихъ метровъ при температурѣ 15° Цельсія.

Количество воды, испаряемой фунтомъ каменнаго угля, измѣняется въ слѣдующихъ предѣлахъ:

Лучшій каменный уголь	— 10	фунтовъ	воды
[illegible]	— 5	"	"
Бурый уголь	— 3,5	"	"
Обыкновенный [illegible]	8	"	"

Въ [illegible] употребляется хорошій каменный уголь, но по неблагу[illegible] [illegible] (дымоходы [illegible]) [illegible] расчитывать можно только на 8 фунтовъ воды, испаряемой 1 фунтомъ каменнаго угля. Въ [illegible]

[illegible] 9. Ординарный Профессоръ: [illegible]

-лучающійся при особенно хорошемъ управленіи [illegible] [illegible] [illegible], отъ 4 до 9ти фунтовъ.

Въ природѣ каменный уголь раздѣляютъ по свойствамъ и по родамъ. По свойствамъ уголь раздѣляется на жирный и тощій.

Жирный уголь состоитъ изъ мелкозернистой массы и потому онъ спекается въ огнѣ. Вслѣдствіе этого спеканія горѣнія на рѣшеткѣ не годится, образуя при горѣніи спекшуюся массу, препятствующую проходу воздуха; онъ содержитъ очень много углерода, легокъ, жиренъ на ощупь, совершенно черного блестящаго цвѣта, [illegible] порошокъ; горитъ легко длиннымъ пламенемъ, образуя много дыма. Употребляется для кузнечныхъ горновъ.

Кромѣ собственно жирнаго угля есть еще два отличія: полужирнаго и [illegible] угля; 1е отличіе полужирнаго угля имѣетъ тѣ-же свойства, что и жирный уголь, но въ меньшей степени; кромѣ того онъ тверже; среднимъ числомъ онъ содержитъ 0,89 C, 0,05 H, 0,04 O и N и мало золы. — Онъ еще считается спекающимся для горѣнія на рѣшеткѣ и потому мало употребляется для паровыхъ машинъ, но очень хорошъ для выдѣлки кокса. — Второе отличіе полужирный уголь,

[illegible] длиннымъ пламенемъ лучше всѣхъ другихъ сортовъ годенъ для топокъ паровыхъ машинъ; онъ состоитъ среднимъ числомъ изъ 0,88 C, 0,05 H, 0,06 O и N и 0,024 золы. Каменный уголь изъ Монса, а также Линкаширскій представляютъ лучшіе этого отличія.

<u>Тощій уголь</u> бываетъ плотенъ, тяжелъ, менѣе черенъ, меньше блеститъ, чѣмъ жирный. Онъ загорается не такъ скоро, но очень не спекается, медленно разгорается и горитъ съ маленькимъ отдѣленіемъ дыма и копоти.

Жирный уголь имѣетъ также три отличія:

1) Жирный уголь, горящій длиннымъ и блестящимъ пламенемъ - приближающійся къ послѣднему отличію жирнаго угля. Этотъ сортъ угля также очень хорошъ для рѣшетки. Коксъ же изъ него получаемый весьма дуренъ.

2) Жирный уголь съ короткимъ пламенемъ - годится только для обжиганія извести и кирпича.

3) Антрацитъ, составляющій совершенно особенный родъ каменнаго угля - очень сухой, но очень чистый, содержащій очень много углерода и потому дающій очень много жару; въ Пенсильванскомъ антрацитѣ найдено до 80% углерода, а въ Валлійскомъ до 88,9%. - Харак-

теристическія свойства антрацита: громадная плотность, трудногорючесть, сгораніе безъ дыма и запаха. — Кромѣ того онъ часто имѣетъ свойство растрескиваться на огнѣ въ мелкіе осколки, что совершенно прекращаетъ горѣніе. Антрацитъ находится въ огромномъ количествѣ въ Америкѣ, въ Англіи (въ Валлисѣ), въ Ирландіи, во Франціи (около Валансьена) и въ Германіи. Также у насъ, въ Россіи, на Дону. Для локомотивовъ онъ до настоящаго времени употребляется въ Америкѣ, Англіи и у насъ на Одесской желѣзной дорогѣ. Каменный уголь продается или безъ сортировки, грязно съ мелочью, или сортируется. Для отопленія вагоновъ лучше всего пригоденъ уголь въ кускахъ величиною въ кулакъ (gaillette). Большею частью употребляютъ какъ несортированный такъ и мелкій уголь въ локомотивахъ. Изъ мелкаго угля дѣлается также коксъ и (изъ отходовъ толченый) уголь въ смѣшеніи съ гудроновою или каменноугольною смолою дѣлаются кирпичи (briquettes), употребляемые какъ крупный уголь для отопленія.

<u>Коксъ</u> (вѣсъ кубической сажени отъ 195 до 240 пудовъ) есть ничто иное какъ каменный уголь, подвергнутый перегонкѣ въ закрытыхъ отъ доступа воздуха сосудахъ, вслѣдствіе которой смолистыя части

улетучиваются (летучія вещества), оставляя почти чистый углеродъ, вмѣстѣ съ несгораемыми веществами, составляющими золу. Количество золы не превосходитъ 4 или 5% въ коксѣ, для приготовленія котораго уголь предварительно былъ хорошо очищенъ. При дурной очисткѣ количество это достигаетъ до 20% и употребленіе такого кокса весьма невыгодно. Для употребленія въ локомотивахъ коксъ считается хорошаго качества, когда количество золы или шлака не превышаетъ 6%; при 8% золы коксъ низкаго сорта; а при 10% коксъ считается уже дурнымъ и употребленіе его невыгодно.

Коксъ имѣетъ металлическій блескъ стальной или сѣрый цвѣтъ; его плотность, твердость и прочность измѣняются не только вмѣстѣ съ свойствами угля, изъ котораго онъ приготовленъ, но еще и отъ самаго способа приготовленія.

Когда мелкій уголь помѣщается въ глиняную закрытую печь (реторту) небольшихъ размѣровъ, когда перегонка ведется быстро и охлажденіе вынутаго кокса производится водою, то коксъ легокъ, непроченъ, пористъ, синеватаго цвѣта, серебристъ.- Наоборотъ при охлажденіи угля медленно перегнаннаго въ обширныхъ печахъ, нагрѣваемыхъ постепенно, и вынимаемаго изъ нихъ постепенно...

скомъ, отличается превосходными качествами, съ металлическимъ блескомъ, плотный, звонкій, твердый, хотя трудно загорающійся, но за то отлично горящій.

Теплопроизводительность кокса заключается между 4000 и 6500 единицами тепла и 1 фунтъ кокса испаряетъ отъ 5 до 8 фунтовъ воды. Въ локомотивахъ можно разсчитывать только на 5 или 6 фунтовъ воды. Изъ этого видно, что коксъ стоитъ въ этомъ отношеніи ниже каменнаго угля лучшаго качества, хотя и заключаетъ болье углерода, но каменный уголь содержитъ водородъ, теплопроизводительность котораго 35000 единицъ теплоты и, относительно, меньше золы. На железныхъ дорогахъ употребленіе кокса считается по километрическому проходу поѣздовъ. Разсчетъ этотъ измѣняется, очевидно, въ большихъ предѣлахъ по изменчивости обстоятельствъ, вліяющихъ на движеніе и изъ которыхъ главныя суть вѣсъ поѣзда, состояніе пути, искусство машиниста, качество машины и самаго топлива. Въ самыхъ дурныхъ обстоятельствахъ расходъ кокса на километръ пройденнаго пути (470 саж.) можетъ доходить до 15 килограммовъ (0, 91 пуда), въ самыхъ же лучшихъ расходъ этотъ можетъ понижаться до 3½ килограммовъ (что въ переводѣ на 1 версту почти пудъ, а

и вагоновъ 8^{ми} фунтовъ). — Во Франціи — кокса средняго количество выдается машинистамъ по расчету отъ 6 до 8^{ми} килограммовъ на километръ для пассажирскихъ поѣздовъ и отъ 8 до 12^{ти} — для товарныхъ. При этомъ машинисты получаютъ премію пропорціонально сбереженной экономіи, или платятъ извѣстную величину за передержку. Также въ послѣднее время во Франціи введены условія при пріемѣ кокса, чтобы количество золы не превышало 6%, за всякое превышеніе этой цифры фабрикантъ, поставщикъ кокса, подвергается сбавкѣ цѣны, а за уменьшеніе количества золы получаетъ премію. Вслѣдствіе этихъ распоряженій экономія топлива на желѣзныхъ дорогахъ достигла значительныхъ размѣровъ и въ тоже время выдѣлка кокса улучшилась. Хорошій коксъ вообще долженъ обладать слѣдующими свойствами: онъ долженъ быть въ большихъ кускахъ, твердыхъ, плотныхъ, сухихъ, звонкихъ и въ изломѣ имѣющихъ металлическій блескъ, похожій на блескъ стали, но скорѣе матовый, нежели блестящій. Часто встрѣчающійся коксъ съ черною поверхностью зависитъ обыкновенно отъ того, что такой коксъ охлаждается большимъ количествомъ воды и притомъ въ раскаленномъ состояніи, тогда какъ имѣющій яркій металлическій блескъ охлаждается обыкновенно медленно.

[illegible]

Употребленіе кокса и каменнаго угля въ локомотивахъ

Коксъ былъ первоначально [illegible] употребленія въ локомотивахъ, [illegible] существовавшимъ [illegible] [illegible] Въ Германіи же и Америкѣ, гдѣ постановленія этого не было, уже давно стали употреблять каменный уголь для отопленія локомотивовъ.

[illegible] камень, [illegible] ... [illegible] (0,019 – 0,023 саж.)

внутреннихъ боковыхъ стѣнокъ топки дѣлают-
ся, чтобы связи, собирающіеся въ этой ча-
сти котла, не причиняли соприкосновенія
непосредственнаго водяного [illegible] пла-
менемъ топлива. Устройство топокъ из-
вѣстно изъ курса паровыхъ машинъ, гдѣ
[illegible] и многообразные [illegible] [illegible]
на нихъ останавливаться подробно, а
скажемъ только о главныхъ размѣрахъ
топки: площадь горизонтальнаго сѣче-
нія опредѣляется площадью рѣшетки,
высота же обусловливается вертикаль-
нымъ разстояніемъ рѣшетки отъ пер-
ваго нижняго ряда трубокъ, [illegible]
ся почти всегда на одномъ горизонтѣ или
немного выше послѣдняго верхняго ряда
жаровыхъ трубокъ. - Для коксовыхъ топокъ
вертикальное разстояніе нижняго ряда
трубокъ и рѣшетки не должно быть слиш-
комъ велико, ибо коксъ даетъ короткое пла-
мя. Разстояніе это, въ локомотивахъ хо-
рошаго устройства, дѣлается около 0,5
метра (0,23 саж.) и иногда увеличивает-
ся до 0,75 метра (0,35 саж.), если нужно
дать большую поверхность нагрѣва топ-
ки. На 1 квадратный дециметръ рѣшет-
ки сгораетъ въ часъ около 5 или 5,5 ки-
лограммовъ кокса. По этой данности можно
разсчитывать площади рѣшетки дан-
наго паропроизводства. - Если коксъ дурна-
го качества, то рѣшетку надо дѣлать

...тины и притомъ дѣлать большею (какъ выше сказано) ширину между колосниками; при этомъ кочегары при остановкахъ на станціяхъ должны очищать рѣшетку между отъ шлака и золы, засоряющихъ промежутки между колосниками.

Каменный уголь. Условія для горѣнія угля въ локомотивахъ уже совсѣмъ другія, чѣмъ было для топки кокса, и потому, когда къ паровозамъ, устроеннымъ для кокса, стали примѣнять отопленіе каменнымъ углемъ, то результаты оказались очень невыгодны сравнительно съ коксомъ, что способствовало утвержденію мнѣнія о невыгодности угля передъ коксомъ, такъ какъ на непригодность коксовыхъ топокъ для отопленія углемъ не было обращено вниманія. Такъ какъ при горѣніи угля онъ сперва перегоняется, такъ сказать, на рѣшеткѣ, т.е. отдѣляетъ разные углеродистоводородныя соединенія, горящія длиннымъ пламенемъ, то объемъ топки долженъ быть больше, чѣмъ при отопленіи коксомъ; притомъ опытъ показалъ, что слой угля на рѣшеткѣ долженъ быть тоньше, чѣмъ слой кокса; именно толщина слоя угля должна быть не не болѣе 0,15 м.

Размѣры каменноугольныхъ топокъ бываютъ слѣдующіе: длина рѣшетки отъ 0,92 - 1,666 метр. (0,43 - 0,78 саж.), ши-

длина отъ 0,92 – 1,35 метр. (0,43 – 0,63 саж.) и площадь отъ 0,846 до 1,944 метр. квадратн. (0,19 – 0,41 квадр. саж.) и очень до 2-хъ квадр. метр. (0,44 квадр. саж.). Высота слоя горящаго угля надъ рѣшеткой принимаютъ обыкновенно до 0,8, 0,9 и около 1 метра (0,38, 0,42, 0,47 саж.). — На 1 квадратный футъ рѣшетки (по Blaney) сожигаютъ въ часъ отъ 60 до 100 фунтовъ угля. Въ данной выше цифрѣ толщины слоя и приведенныхъ сейчасъ данныхъ можно опредѣлить размѣры рѣшетокъ.

Woods и Marsenhall перечисляютъ слѣдующія условія для выгоднаго употребленія угля въ паровозахъ. Почти тоже самое указываетъ и Бургъ (Bourne):

1) Придавать рѣшеткамъ большую поверхность сравнительно съ коксовыми рѣшетками.

2) Класть уголь на рѣшетку слоемъ одинаковой толщины, не превосходящей 0,15 метра (0,07 саж.).

3) Употреблять сорта каменнаго угля твердые, чистые, безъ колчедана, дающіе мало золы и шлаку.

4) Употреблять уголь въ кускахъ величиною въ кулакъ, безъ примѣси мелкаго.

5) Камеры должны быть болѣе вмѣстительны чѣмъ въ коксовыхъ топкахъ, ибо количество притекающаго сквозь рѣшетку воздуха должно быть менѣе по причинѣ –

меньшей толщины слоя топлива.

6) Огонь долженъ быть поддерживаемъ съ большимъ вниманіемъ, и уголь подкладываться на рѣшетку понемногу въ то время, когда огонь въ полной силѣ.

7) Машинистъ долженъ смотрѣть, чтобы топливо ровно покрывало рѣшетку, не препятствуя, однако, проходу воздуха.

8) Локомотивъ долженъ быть снабженъ приспособленіемъ для усиленія впуска воздуха, открываемымъ по надобности.

Преимущественно для локомотивовъ употребляютъ только крупный уголь, но вслѣдствіе уменьшенія расходовъ на движеніе выгодно употреблять какъ несортированный уголь, получаемый прямо изъ копей, такъ и мелкій, цѣна котораго очень выгодна. – Для употребленія мелкаго угля бельгійскій инженеръ Белпэръ (фиг. 1 и 2) (Belpaire) придумалъ топку особаго устройства, очень длинную и очень широкую относительно нижняго ряда колосниковъ (около 0,45 метр. (0,21 саж.)) съ очень близкими и потому короткими колосниками, такъ что рѣшетка состоитъ изъ нѣсколькихъ послѣдовательныхъ рядовъ колосниковъ. Топливо укладывается очень тонкимъ слоемъ, не больше 0,05 метра (0,02 саж.). Большія сближенія колосниковъ (всего на 0,004 метр. (0,002 саж.)) позволяютъ только верху рѣ-

[illegible] очищать [illegible]
ту дверцы должны быть очень широки [illegible]
лены о двухъ половинкахъ и снизу въ серед-
нѣ рѣшетки. Шлакъ вынимается посред-
ствомъ рѣшетчатаго [illegible] поворачиваю-
щаяся рядъ колосни[illegible] или [illegible]
рѣшетки черезъ отверстіе, сдѣланное въ плат-
формѣ машиниста. — Отверстія [illegible]
лежатъ въ [illegible]
воздуху [illegible]
[illegible] дымосожиганія, [illegible]
объяснено. Впускъ воздуха регулируется за-
движками. Также этой [illegible]
[illegible]
управленіе [illegible] затруднитель-
но и требуетъ навыка.

Не смотря на приспособленіе топокъ къ
употребленію каменнаго угля, паровозный
котелъ все таки представляетъ, по сво-
ему устройству, неудобства для полнаго
горѣнія каменнаго угля; чтобы понять
эти неудобства, разсмотримъ процессъ
горѣнія каменнаго угля въ паровозныхъ
котлахъ. При отопленіи коксомъ весь процессъ
горѣнія происходитъ на самой рѣшеткѣ,
ибо горитъ одинъ углеродъ и газы, отдѣ-
ляющіеся съ поверхности топлива, несо-
[illegible], такъ что [illegible]
ніе не имѣетъ [illegible] про-
цессъ горѣнія. — Совсѣмъ другія явленія
будутъ при горѣніи каменнаго угля въ

углеводородистыхъ газовъ.

При сжиганіи угля, какимъ указано, находясь на рѣшеткахъ, будутъ горѣть еще твердыя углеродистоводородныя соединенія и летучія надъ топливомъ, а на нѣкоторомъ разстояніи надъ рѣшеткою; при сильной же тягѣ, соединенія эти не успѣютъ сгорѣть въ самой топкѣ и будутъ выпущены въ дымогарныя трубки, гдѣ, по недостатку свободнаго воздуха, горѣніе прекратится и они улетятъ въ трубу несгорѣвшими; для того, чтобы горѣніе могло вполнѣ совершиться въ самой топкѣ, когда только коксъ и будетъ пригоденъ для хорошаго употребленія каменнаго угля, нужно кромѣ воздуха, проходящаго сквозь рѣшетку, количество котораго по большей части даже и при сильной тягѣ недостаточно, и который притомъ прямо направляется къ дымогарнымъ трубкамъ, не перемѣшиваясь съ горючими газами, пропустить поверхъ слоя топлива струю воздуха, которая перемѣшивалась бы съ горючими газами близъ поверхности топлива, (для того, чтобы горючіе газы не были охлаждены на столько, чтобы горѣніе ихъ прекратилось), замедлила бы притеканіе ихъ къ дымогарнымъ трубкамъ и тѣмъ способствовала бы ихъ полному сгоранію.

Какъ выше мы видѣли, при неполномъ горѣніи каменнаго угля образуются

[illegible] [illegible], т. е. сформировать поня-
тій о работѣ [illegible] [illegible], по-
мощію его сгоранія, сосчитать его вре-
[illegible], [illegible] [illegible]

Въ послѣднее время изобрѣтено было очень много различныхъ усовершенствованій топокъ и всѣ они основаны (за исключеніемъ топки Донцера) на вышеизложенномъ правилѣ: <u>впуска поверхъ топлива струи воздуха въ количествѣ, необходимомъ для перегоранія горючихъ газовъ, отдѣляющихся при горѣніи угля, перемѣшиванія этого воздуха какъ можно лучше съ горючими газами у поверхности топлива и наконецъ увеличенія пути, проходимаго ими до прогарныхъ трубокъ.</u> — Теперь, прежде чѣмъ приступимъ къ описанію различныхъ улучшенныхъ системъ, замѣтимъ, что многіе изъ нихъ, совершенно уничтожавшіе дымъ, вызывали значительной экономіи топлива, обильный расходъ его, что поставило въ недоумѣніе многихъ инженеровъ, занимающихся этимъ предметомъ; явилось мнѣніе, что сжигать дымъ невыгодно, приводили въ примѣръ Корнвальскіе котлы, самые экономичные, но вмѣстѣ съ тѣмъ дающіе много дыма. — Для опроверженія послѣдняго мнѣнія надо замѣтить, что между

Корнвалийскими и паровозными котлами не можетъ быть сравненія, ибо въ первыхъ гореніе медленное и наиболѣе выгодное, а во вторыхъ — быстрое. Если бы въ Корнвалийскихъ котлахъ уничтожить дымъ, то результаты были бы, вѣроятно, еще лучше. Что же касается до кажущейся аномаліи неэкономичности дымогарныхъ снарядовъ, то и ее объяснить не трудно: неэкономичность эта есть слѣдствіе дурнаго устройства самыхъ снарядовъ, а не ошибочности основной идеи; въ самомъ дѣлѣ, если по устройству дымогарной топки, перемѣшиваніе въ ней воздуха съ горючими газами происходитъ дурно, и для уничтоженія дыма требуется большой притокъ воздуха, изъ котораго только часть служитъ для сожиганія газовъ, а другая проходитъ сквозь топку безполезно для горѣнія, то унесеніе безполезно теплоты въ дымовую трубу будетъ очень велико и снарядъ будетъ убыточенъ. Точно также, какъ въ разсматриваемомъ случаѣ вреденъ излишекъ воздуха, можетъ быть вреденъ и недостатокъ его, даже и при полномъ сожиганіи дыма.

Лучшимъ примѣромъ этого можетъ служить дымосожигательный приборъ [illegible],

основанный на томъ, что горѣніе топлива на рѣшеткѣ производится подведеніемъ слоя свѣжаго угля подъ слой горящаго. При этомъ приборѣ дымъ уничтожается, ибо горючіе газы распространяются сверху внизъ, постепенно, и углеродисто-водородныя соединенія образуются максимумъ и на мѣстѣ же сгораютъ. — Но въ приборѣ этомъ воздухъ вводимъ чрезъ рѣшетку и затѣмъ въ нижнихъ горящихъ слояхъ угля и образуется одна углекислота, но проходя чрезъ верхніе горящіе слои, какъ сказано на опытѣ, она отбираетъ по недостатку воздуха) часть своего кислорода для сгоранія съ новымъ количествомъ углерода, такъ что конечнымъ результатомъ горѣнія получается окись углерода; горѣніе слѣдовательно не полное и приборъ, по крайней мѣрѣ въ томъ видѣ, въ какомъ онъ испытывался на желѣзныхъ дорогахъ во Франціи, оказался невыгоднымъ относительно расхода топлива. Поэтому можно впускать только необходимое количество воздуха и соотвѣтственно подкладывать частями топки. Въ 1857 году, особенно много въ Англіи, появилось дымогарныхъ топокъ, въ большей части которыхъ вторичный воздухъ пропускался или сквозь подвижныя распорки, помѣщенныя въ уровнѣ топлива по бокамъ

или спереди и сзади топки (система Доман-жинея), или посредствомъ особыхъ отверс-тій съ заслонками (система Лизы); также впускъ воздуха усиливался проведеніемъ в-струи пара въ отверстія, сдѣланныя по бокамъ топки (система Кларка) (рис. 3 и 4). Перемѣшиваніе же горючихъ газовъ съ внѣш-нимъ воздухомъ достигалось помѣще-ніемъ внутри топки или чугунныхъ от-ражателей (система Доманжинея) или кипятильниковъ (системы Дюмаси) или наконецъ сводовъ изъ огнеупорнаго кирпи-ча (системы Лизы, Битнэ). - Всѣ эти топки дали болѣе или менѣе хорошіе ре-зультаты, но все таки не вполнѣ уничто-жили дымъ и притомъ представляли мно-гія неудобства при употребленіи ихъ, какъ напримѣръ: кипятильники затрудня-ли машинисту доступъ къ трубчатымъ трубкамъ, кирпичные своды разруша-лись отъ сотрясеній, а чугунные и отра-жатели скоро перегорали. - По-этому всѣ эти приборы большею частью только испытывались, и ни одинъ изъ нихъ не вошелъ во всеобщее употребленіе и не избавилъ вполнѣ отъ дымообразо-ванія. - Также и [illegible] Максимова и Ѳедоровскаго (устройство [illegible] [illegible]) дали [illegible] [illegible]

ной подвижной рамы. — Наконецъ въ послѣднее время французскій инженеръ Тейбриккъ изобрѣлъ дымогарную топку, опыты надъ которою дали блестящіе результаты.

Устройство ея (фиг. 5 и 6) слѣдующее: Въ стѣнкѣ топочной стѣнки сдѣланы дверцы e, но они служатъ только для осмотра топки и заглаживанія прогаровъ въ случаѣ надобности; поверхъ дверецъ сдѣлано насквозь черезъ стѣнку большое прямоугольное отверстіе, идущее почти по всей ширинѣ топки и раздѣленное горизонтально на два отдѣленія, изъ коихъ верхнее служитъ для впуска воздуха, а нижнее для накладыванія топлива. Къ нижнему отдѣленію придѣланы выступающія стѣнки (ящикомъ) съ крышкою hh' на шарнирахъ, открывая которую, кочегаръ накладываетъ въ образуемый стѣнками ящикъ уголь. Такъ какъ топливо по своей тяжести должно сдвигаться по мѣрѣ сгоранія, то ящику придано уклонъ отъ 35° до 40°, и нижняя стѣнка его составляетъ [illegible] въ брусья ея въ [illegible] [illegible], состоящею изъ двухъ частей, изъ которыхъ первая dd', слегка выпуклая, продолженіе ящика, неподвижна и [illegible] [illegible] уклонъ, которая въ gg' [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] возбужденія [illegible]
[illegible]. [illegible] могутъ [illegible] или совер-
шенно [illegible], [illegible]
[illegible] того, [illegible]
[illegible], если [illegible]
[illegible]. — [illegible], служащій для
[illegible], [illegible]. — [illegible]
[illegible]
[illegible]; впрочемъ
[illegible] вра-
щающейся [illegible]
[illegible], — [illegible] слу-
чае, [illegible]
и [illegible] при [illegible] образова-
ніи [illegible]
[illegible] еще не [illegible] въ глазъ. При-
[illegible] на-
[illegible]: [illegible]
[illegible], что, по [illegible], об-
разуется [illegible]; если [illegible] возду-
ха [illegible], т. е. отверстіе слиш-
комъ [illegible], [illegible]
ся [illegible] годовъ;
[illegible], [illegible]
[illegible], [illegible], чтобы
[illegible] не было.

Кромѣ этого [illegible]
[illegible] условія:

1) [illegible]
[illegible], [illegible] его

(обугливаніе въ коксъ, или отдѣленіе углеродисто-водородныхъ соединеній) могло бы немедленно начаться. 2) Смѣшивать газы съ воздухомъ, который долженъ сжигать ихъ; удлинить повороты газовъ, для болѣе совершеннаго перемѣшиванія ихъ съ воздухомъ, пока они не вошли еще въ дымогарныя трубы, гдѣ горѣніе прекращается, какъ вслѣдствіе охлажденія, такъ и по параллельности струекъ горючихъ газовъ и воздуха, препятствующей ихъ перемѣшиванію. - (Иногда замѣчается, что газы, пройдя дымогарныя трубки, гдѣ горѣніе прекращается, снова воспламеняются въ дымовой коробкѣ.

3) Возстановить температуру въ задней стѣнкѣ части непосредственной поверхности нагрѣва.

Всѣ эти условія выполняются кипятильникомъ kk'.

Пламя отъ горящаго на нижней рѣшеткѣ топлива огибается кипятильникомъ, поднимается, скользя по поверхности угля, лежащаго на наклонной рѣшеткѣ, и нагрѣваетъ его. Смѣшиваясь такимъ образомъ съ газами, образуемыми накаленнымъ углемъ, онъ встрѣчаетъ токъ воздуха, направленный заслонкой, перемѣшивается съ нимъ и все вмѣстѣ образуетъ токъ съ круговоротами, который проходитъ чрезъ сѣченіе kk' [illegible]-

[illegible] и заднего [illegible] тонки и, [illegible], [illegible] направляется къ [illegible] трубкамъ.

[illegible] тонкихъ, [illegible] быть [illegible] Тойнинка; [illegible] тем долженъ [illegible] Тойнинка [illegible], что [illegible] Тойнинка [illegible]. — Соединение [illegible] трубокъ (Z) [illegible], [illegible].—

[illegible] не [illegible] иса. — Впрочемъ и система [illegible] [illegible], — [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] отходящихъ продуктовъ. Надо замѣтить, что самыя наклонныя ребра кипятильника [illegible] дѣйствуютъ существующую [illegible] пространство, предъ которое продукты горѣнія могли бы прямо уходить въ дымогарныя трубки. Для отвращенія этого, пространство это закладывается огнеупорнымъ кирпичемъ.

Опытъ показалъ, что при всѣхъ условіяхъ, даже нѣсколькихъ весьма дурныхъ сортовъ, дымъ этимъ аппаратомъ совершенно уничтожается, управленіе огнемъ весьма легко и притомъ приборъ Тенбринка даетъ около 12,5% сбереженія топлива.

Только одно неудобство имѣетъ топка Тенбринка, именно то, что задняя стѣнка топки, въ которой помѣщены приборы для впуска воздуха и накладыванія топлива, не предохранена слоемъ воды, что неудобно для машиниста, подвергающагося дѣйствію сильнаго жара. Французскій инженеръ Бонне (фиг. 10 и 11) устранилъ это неудобство на построенныхъ на заводахъ Восточной французской линіи, въ которыхъ онъ оставилъ заднюю стѣнку двойною и вмѣсто ящика для накладыванія угля, онъ устроилъ обыкновенныя дверцы, такъ что топливо накладывается [illegible], какъ при обыкно-

вейшихъ топкахъ. Впускъ воздуха въ топку здѣсь регулируется дверкой tt', помощію механизма, показаннаго на чертежахъ. Прочія же части остались безъ измѣненія. — Результаты этой топки также очень хороши, но тутъ уже не существуетъ той равномѣрности питанія топливомъ, какъ въ топкѣ Тенбринка, независимая почти отъ искусства машиниста, такъ что первоначальное устройство въ отношеніи дѣйствія топлива все-таки лучше. Такимъ образомъ топка Тенбринка представляетъ почти совершенное рѣшеніе вопроса о дымосгораніи, достигаемое весьма не сложными средствами. — Перестройка обыкновенной топки въ топку по системѣ Тенбринка очень не дорога, именно около 2000 франковъ, а по измѣненной системѣ Бонне около 1500 франковъ. Для дѣйствія топокъ во время остановокъ, когда тяга прекращается паровозы должны быть снабжены особой трубкой, проводящей паръ изъ котла въ дымовую трубу для образованія тяги; при этомъ устройствѣ дымъ не будетъ образовываться во время остановокъ.

Въ послѣднее время вошла въ большое употребленіе во Франціи топка Тьерри (фиг. 7, 8, 9), основанная на принципѣ Кларка,

т. е. не впускъ пара въ очагъ. Дымогарный аппаратъ Тьерри состоитъ изъ горизонтальнаго цилиндра A, пустаго внутри и закрытаго по концамъ, который помѣщенъ въ топкѣ немного выше нижнихъ дверецъ и защищенъ отъ пламени чугунною доскою. Отъ средины цилиндра идетъ трубка (которая его и поддерживаетъ), проводящая въ него паръ изъ котла; въ сторонѣ цилиндра, обращенной къ дымогарнымъ трубкамъ, сдѣлано нѣсколько маленькихъ отверстій, расположенныхъ на разныхъ производящихъ цилиндра (*), такъ что паръ, выходя изъ нихъ струями, дѣйствуетъ на продукты горѣнія на различныхъ высотахъ. Такимъ перемѣшиваніемъ пара съ газами достигается совершенное уничтоженіе дыма и лучшее употребленіе топлива. Приборъ этотъ также годится для пароходныхъ и постоянныхъ машинъ, по опытамъ Г. Трески онъ даетъ до 13% экономіи топлива.

Употребленіе антрацита въ локомотивахъ:

Антрацитъ, какъ мы выше видѣли,

(*) Среднее отверстіе нѣсколько ниже крайней боковой производящей; всѣ остальныя понижаются, постепенно направляясь къ концамъ цилиндра.

горитъ безъ дыма и запаха и отдѣляетъ много теплоты, такъ что нужно особенное умѣнье управлять огнемъ, чтобы части топки, подверженные болѣе сильному огню, не могли перегорать. – (Такъ въ Англіи при употребленіи Валлійскаго угля, близкаго по составу съ антрацитомъ, покрываютъ рѣшетку кусками огнеупорнаго кирпича, для воспрепятствованія перегоранію колосниковъ). – При отопленіи антрацитомъ площадь рѣшетки должна быть больше, чѣмъ при углетопныхъ пароводахъ, разстояніе между колосниками меньше. По трудному горѣнію антрацита слой его на рѣшеткѣ долженъ быть не очень толстъ, тоньше чѣмъ при употребленіи каменнаго угля. До сихъ поръ только въ Америкѣ употребленіе антрацита представляется въ большомъ видѣ и у нихъ изобрѣтено много топокъ для этого топлива болѣе или менѣе удачныхъ. Весьма хорошіе результаты дала топка Millholland'а, представленная на чертежѣ (фиг. 12 и 13). Она сдѣлана большихъ размѣровъ, съ наклонною крышкою и широкими дверцами. Надо замѣтить, что антрацитъ требуетъ большаго притока воздуха для хорошаго горѣнія и потому недостатокъ воздуха, проходящаго чрезъ рѣшетку, пополняется притокомъ воз-

тыя черезъ дверцы, которыя часто остав-ляются немного открытыми во время дви-женія. — Тутъ уже не нужно принимать такихъ предосторожностей для впуска воз-духа, какъ въ грунтовыхъ паровозахъ, ибо въ первыхъ антрацитъ дыма не про-изводитъ, а во вторыхъ топливо это со-стоитъ почти только изъ углерода, не-образующаго водородисто-углеродныхъ соединеній.

Решетка Мильгольланда имеетъ большую площадь и состоитъ, вместо коло-сниковъ, изъ пустыхъ внутри, железныхъ трубокъ діаметромъ въ 2 дюйма, соединенныхъ съ котломъ, такъ что внут-ри ихъ проходитъ вода изъ котла, пре-дохраняющая ихъ отъ перегоранія. — Трубки эти для увеличенія площади ре-шетки расположены не въ одной плоскости, а какъ показано на чертежѣ, причемъ многіе колосники сделаны изъ плот-ныхъ железныхъ стержней (на чертежѣ заштрихованы), которые можно выни-мать вонъ для очистки решетки.

Дерево, какъ топливо, и употребленіе его въ паровозахъ.

Дерево употребляющееся [illegible] [illegible] ва, [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

сухаго дерева вообще слѣдующія: 1) углерода почти на половину вѣса, 2) много водорода и кислорода, немного азота и 3) золы въ количествѣ отъ 1% до 5%. — Зола состоитъ изъ плавящихся щелочныхъ солей, — большею частью въ ней находится кремній, поташъ, сода, магнезія, немного окиси желѣза и слѣды сѣрной кислоты.

Вещества эти измѣняются въ количествѣ, смотря по мѣстопроисхожденію дерева, климату и свойству почвы.

Дерево начинаетъ тлѣть на огнѣ, т.е. разлагаться при 120°. Количество воздуха, потребное для сгоранія дерева, почти на половину меньше, чѣмъ для каменнаго угля т.е. около 15 частей по вѣсу на 1 часть дерева. — Это происходитъ какъ отъ меньшаго количества углерода, такъ и отъ легчайшаго доступа воздуха, который легко проходитъ между кусками дровъ, тогда какъ прохожденіе воздуха между кусками каменнаго угля, спекшимися и засоренными шлакомъ и золою, весьма трудно. — Дерево для отопленія паровозовъ употребляется въ видѣ полѣньевъ или дровъ, не слишкомъ большой величины и притомъ [illegible] отъ 25 до 30ти лѣтъ, ибо молодой [illegible] [illegible] отличается [illegible]. — [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

3800 единицъ теплоты и до 3 фунтовъ пара. Дерево полусухое (съ 10% гигроскопической воды) даетъ 3300 единицъ теплоты; дерево, просушенное на вольномъ воздухѣ (съ 20% гигроскопической воды) даетъ 2900 единицъ теплоты.

Дерево употребляется на желѣзныхъ дорогахъ, кромѣ нѣкоторыхъ Германскихъ дорогъ (Баварскихъ преимущественно) только у насъ въ Россіи и въ Сѣверной Америкѣ.

Большею частью для сего служатъ ель и сосна. Опытомъ найдено, что рѣшетка должна имѣть большую площадь, болѣе сближенные колосники, чѣмъ при каменномъ углѣ и большее разстояніе отъ рѣшетки до нижняго ряда трубокъ, такъ какъ дрова горятъ длиннымъ пламенемъ. — Дыма при горѣніи дерева отдѣляется не такъ много, какъ при углѣ и такъ какъ проходъ воздуха между горящими полѣньями незатруднителенъ, что при хорошей тягѣ и соотвѣтственныхъ размѣрахъ рѣшетки дымъ по всей вѣроятности можетъ быть уничтоженъ безъ особыхъ приборовъ; такъ какъ дерево очень скоро сгораетъ, то накладываніе новаго топлива должно часто повторяться и особое [illegible] должно быть [illegible].

Торфъ. Въ последнее время многія станціи германскихъ железныхъ дорогъ (какъ напримеръ въ Баваріи) стали употреблять торфъ для отопленія паровозовъ. – Хорошій торфъ [illegible] отличается: что онъ содержитъ много углерода, плотенъ и тяжелый; что касается совершенно обезвоженнаго состоянія, онъ можетъ содержать до 30% воды, – торфъ коротких [illegible] и [illegible] много [illegible] и [illegible] [illegible]. – [illegible] всегда высушенный или прессованный, или просто разрезанный въ виде кирпичей. Въ действительности [illegible], [illegible] во всехъ остальныхъ отношеніяхъ [illegible] другихъ [illegible]; [illegible] прессованнаго торфа [illegible] 4хъ футовъ [illegible], а равно и [illegible] до 2,5 футовъ, въ [illegible] ствахъ. – Торфъ, прессованный въ виде сухаго порошка очень [illegible], какъ при горѣніи разсыпается и проваливается между колосниками, давая очень [illegible] мало.

Толщина слоя торфа на [illegible] дорогахъ допускается до [illegible] [illegible] отъ ½ дюйма. Вообще условія горенія торфа въ паровозахъ [illegible]

не вполнѣ [illegible].

Расходъ топлива на желѣзныхъ дорогахъ считается на единицу пути, пройденного паровозомъ: для сравненія можно привести слѣдующія таблицы расхода топлива (Guide du mécanicien. [illegible] etc.).

Расходъ топлива на Сѣверной желѣзной дорогѣ во Франціи.

Коксъ	Лѣтомъ		Зимою	
	килогр. на килом.	фунты на версту	килогр. на килом.	фунты на версту
1) Пассажирскіе паровозы различныхъ системъ (число вагоновъ въ поѣздѣ отъ 12 до 15) . . .	6,00–7,50	15,50–19,50	6,00–7,50	15,50–19,50
2) Товарно пассажирскіе паровозы при поѣздѣ въ 18 вагоновъ . .	8,00	20,75	8,50	22,00
3) Паровозы Крамптона, поѣздъ не болѣе 12 вагоновъ	8,00	20,75	8,50	22,00
4) Mixtes Энгерта, поѣздъ не болѣе 18 вагоновъ . . .	8,00	20,75	9,00	23,30
Каменный уголь				
5) Товарные разныхъ системъ	9,00–12,00	23,50–31,00	10,00–13,00	26,00–34,00
6) Товарные Энгерта	16,00	42,50	18,00	46,50

Расходъ топлива на Восточной дорогѣ во Франціи.

Прусскій коксъ въ половину отмытый и въ половину не отмытый:				
1) Обыкновенные пассажирскіе паровозы	6,00-8,50	15,50-23,00	7,50-9,25	19,50-24,50
2) Машины Крамптона	8,00-9,00 г.	20,75-23,50	9,00-10,00	23,50-28,25
3) Товарно-пассажирскіе паровозы съ 4мя сцепленными колесами, имѣющіе поверхность нагрѣва въ 1076 кв. футовъ (100 кв. метровъ	8,00-10,00	20,75-26,00	9,00-11,25	23,50-29,75
Прусскій уголь весьма нечистый:				
4) Обыкновенные товарные паровозы съ 100 кв. метровъ поверхности нагрѣва . . .	12-16	31-42,50	15-19	39-49,35
5) Товарно-пассажирскіе, везущіе товарные поѣзды .	12,20	32,33	15,25	40,00
6) Товарные Энгерта	20	52,00	23	60,75

По этой дорогѣ разныя участки ея находятся въ разныхъ климатахъ, чѣмъ и объясняются значительныя отношенія расхода топлива, которое по всей линіи употребляется дурного качества.

Кромѣ того можно считать [illegible] километровъ или 146 фунтовъ между растопкой паровоза и [illegible]-километровой [illegible] 17 фунтовъ въ каждый часъ остановки на станціяхъ.

Расходъ топлива на километръ слѣдующихъ сортовъ представленъ въ слѣдующей таблицѣ.

Скорость движенія поѣздовъ [illegible] 47 верстъ въ часъ:

	Расходъ на версту
1) Каменный уголь съ содержаніемъ отъ 6% до 8% золы	5,5
2) Коксъ съ содержаніемъ золы отъ 16% до 20%	4,55
3) Дрова сосновыя и еловыя съ 25 или 30% воды	14,75
4) Торфъ машиннаго приготовленія, формованный въ мокромъ состояніи, высушенный въ печахъ, съ содержаніемъ 12,5% воды и 7% золы . .	8,72
5) Торфъ искусственно высушенный и въ порошкообразномъ состояніи спрессованный, съ содержаніемъ 15% воды и 7% золы	7,60
6) Рѣзной торфъ, высушенный	

на открытомъ воздухѣ съ содержаніемъ до 35% воды и 5% золы. 2,5

7) Спрессованный торфъ по способу Томпсона, съ содержаніемъ около 6% золы и до 18% воды. 1

Таблица эта составлена Инженеръ-Капитаномъ Клокушинымъ по собраннымъ имъ свѣдѣніямъ за границею. – Коксъ и уголь употребляются на французскихъ дорогахъ; дерево-же и торфъ на баварскихъ. Впрочемъ цифры этой таблицы требуютъ подтвержденія, ибо по нимъ торфъ, заключающій 35% воды немного только ниже для отопленія паровозовъ, чѣмъ обыкновенныя сосновыя и еловыя дрова, что весьма сомнительно.

При топкахъ почти всегда устраиваются зольники; во время движенія маленькія куски угля, проваливающіеся сквозь рѣшетку, падаютъ на путь; движеніемъ воздуха, производимымъ поѣздомъ, разносятся по сторонамъ и могутъ причинить пожары, какъ поперечинъ пути, такъ и смежныхъ строеній. Для отвращенія этого подъ рѣшеткою устраиваютъ <u>зольникъ</u>, родъ ящика изъ котельнаго желѣза со сплошнымъ дномъ и сторонами, прикрѣпл-

[illegible] въ [illegible], [illegible] [illegible]іемъ [illegible].
[illegible] открытой собственно или закрываемой [illegible] вентилирующей заслонкою, черезъ которую воздухъ входитъ въ топку чрезъ решетку. Вслѣдствіе [illegible] въ [illegible], въ тоже время представляетъ и значительныя неудобства, а именно слѣдующія:

1) Въ паровозахъ съ низкою топкою нѣтъ достаточно мѣста и поэтому [illegible] для помѣщенія заслонки достаточной высоты для свободнаго прохода воздуха.

2) Заслонки легко [illegible].

3) Вслѣдствіе [illegible] дѣйствіемъ [illegible] шлаками, собирающимися въ зольникѣ.

4) При зольникахъ съ отвѣсными стѣнками выбрасываніе шлака становится затруднительнымъ.

Въ [illegible] этихъ неудобствъ [illegible] почти всегда [illegible]ся. Иногда же ихъ устраиваютъ съ открытыми боками, что, разумѣется, [illegible] выгодно для тяги воздуха, но зато шлаки свободно выпадаютъ [illegible] отъ сотрясеній машины. — Для возможности быстраго выбрасыванія шлака на баварскихъ дорогахъ приняты

решетки, что которыхъ случайно изъ от-[illegible] топки [illegible] слоя, вра-щающихся на шарнирахъ, такъ что во время обрасыванія угля, ихъ можно по-ставить вертикально. Продукты горѣ-нія по мѣрѣ образованія ихъ въ топкѣ встрѣ-чаютъ [illegible] ствіе разрѣ-шенія воздуха въ дымовой коробкѣ, произ-водимаго выпускомъ мятаго пара въ ды-мовую трубу - въ дымогарныя трубки, гдѣ отдаютъ водѣ теплоту до нѣкоторой степени (но все таки очень мало, ибо часто температура газа въ дымовой коробкѣ достигаетъ до 800° Цельсія) и затѣмъ чрезъ дымовую короб-ку выходятъ въ трубу. Полезно было бы нѣсколько задержать проходъ горячихъ газовъ, чѣмъ произвольно удлинить путь, или предпринимать для того, чтобы они имѣли больше времени на передачу теп-лоты водѣ, заключенной въ котлѣ. Для этой цѣли Кларкъ предлагаетъ уста-навливать нисходящіе токи продуктовъ горѣнія: именно болѣе горячіе газы идутъ по верхнимъ трубкамъ, болѣе же холод-ные – по нижнимъ, поэтому выгодно

усилить вытеканіе послѣднихъ и замедлить вытеканіе первыхъ болѣе горячихъ. – Это можно сдѣлать, напримѣръ спуская дымовую трубу до дна дымовой коробки, чрезъ что путь, проходимый болѣе горячими газами, будетъ длиннѣе пути газовъ менѣе горячихъ; притомъ первымъ нужно спуститься, что также замедлитъ ихъ движеніе, ибо опусканіе горячихъ газовъ, стремящихся подниматься, происходитъ медленно.

Это уже было предложено Зиммеромъ, старшимъ машинистомъ Петергофской дороги.

Также можно закрывать верхніе ряды трубокъ висячей заслонкой (что употребилъ Гухъ), которую можно поднимать и опускать по произволу.

Для увеличенія поверхности нагрѣва число дымогарныхъ трубокъ стараются по возможности увеличивать, уменьшая ихъ діаметръ, но чрезъ это увеличивается сопротивленіе проходу продуктовъ горѣнія, почему тяга должна быть усилена, а вмѣстѣ съ этимъ увеличивается и вредное давленіе мятаго пара въ цилиндрахъ. – Число трубокъ дѣлаютъ отъ 200 до 250 на разстояніи отъ 3/8 до 1/2 дюйма.

Помѣщеніе. Кларкъ это большая

[illegible] трехъ-винтовъ: 120 или 160 шту-
[illegible] въ 1½–2 дюймовъ діаметра и отъ
10 до 12 футовъ длины, значительно вы-
[illegible] для производства пары въ сверх-
[illegible].

[illegible] трубки, [illegible] ихъ [illegible]
[illegible] только [illegible] ихъ [illegible]
[illegible] трубъ. Эта часть [illegible]
[illegible] весьма [illegible], чтобы [illegible]
[illegible] [illegible] въ [illegible]
[illegible], [illegible] [illegible].

[illegible] быть только
[illegible]
[illegible]; поэтому [illegible]
[illegible] въ [illegible] [illegible].
[illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] кубическихъ метровъ
[illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible], [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible]
[illegible].

[illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] конец [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible]

это дѣлается большею частію по причи-
ны незначительности для увеличенія сопротив-
леній тяги. - Верхнія отверстія, или до-
стающимъ перегрѣтымъ паромъ съ большею скоро-
стью и меньшимъ треніемъ пару; увеличивая
отверстія, мы получимъ обратное. —
Устройство этихъ каналовъ, также и прибавленіе
для впусканія отверстія [illegible]
[illegible] пространство; можно прибавить
только, что трубы, проводящіе мятый
паръ должны быть по возможности
большаго діаметра для уменьшенія дав-
ленія мятаго пара въ цилиндрѣ [illegible]
[illegible] сохранить. - Отвер-
стіе конца для свободнаго прохода воз-
духа должно быть нѣсколько менѣе сѣче-
нія трубы. - Кранъ этого лучше дѣ-
лать [illegible], ибо при коротк-
комъ концѣ мятый паръ будетъ сохранять
направленіе трубы, идущей отъ цилинд-
ра, и если мятый паръ попеременно
выходитъ то изъ одного, то изъ другого
цилиндра, то струя его будетъ [illegible]
[illegible] то съ одной, то съ другой [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] отверстіе

отверстіе и тѣмъ отворяя или закрывая дверцу парового конуса въ дымовую коробку, черезъ что тяга будетъ уменьшаться или увеличиваться.(*)

Пройдя дымовую коробку, продукты горѣнія входятъ въ дымовую трубу; высота дымовой трубы очень ограничена — и притомъ по существованію искусственной тяги не играетъ никакой роли. Важно только поперечное сѣченіе трубы: Въ трубахъ постоянныхъ котловъ выгодно увеличивать площадь поперечнаго сѣченія трубы, черезъ что увеличивается и тяга; въ паровозныхъ же котлахъ тяга производится другими средствами и потому трубы должны удовлетворять другимъ условіямъ. Кларкъ дѣлалъ опыты надъ двумя паровозами совершенно одинаковой конструкціи, но труба одного имѣла въ діаметрѣ 0,45 метра (1,47 фута), а другого - 0,39 метра (1,14 фут.) и производство пара было больше при томъ же отверстіи конуса во второмъ паровозѣ, чѣмъ въ первомъ и вообще оказалось, что чѣмъ діаметръ трубы меньше, тѣмъ

(*) Въ настоящее время кромѣ конуса устанавливаютъ особую трубку, проводящую паръ въ дымовую трубу прямо изъ котла, для производства тяги во время стоянія.

[illegible] коксъ должно быть больше для производства [illegible], что, очевид- но, увеличитъ трубы небольшого діаметра выгоднѣйшими.

Для данной печи существуетъ одинъ только наивыгоднѣйшій діаметръ дымо- вой трубы, соотвѣтствующій по опытамъ Клерка, площади поперечнаго сѣченія тру- бы, <u>равной 1/5 площади рѣшетки</u>. - Наи- выгоднѣйшая же высота трубы, какъ извѣстно, равна четыремъ діаметрамъ ея поперечнаго сѣченія. - Верхнее отверстіе дымовой трубы снабжается крышкой, кото- рую закрываютъ, если нужно сохранить тепло во время стоянія. Чрезъ дымовую трубу вмѣстѣ съ дымомъ вылетаютъ искры, маленькія горящія угольки, особенно при топкѣ дровами; искры эти, разно- сясь вѣтромъ, могутъ причинить пожа- ры и потому, по большей части, при ды- мовыхъ трубахъ устраиваютъ искроудер- жательные снаряды. - Самый простой искроудержательный снарядъ состоитъ (въ первоначальныхъ паровозахъ) изъ прово- лочной сѣтки, помѣщенной или вверху трубы или въ нижней ея части. Снаря- ды этого [illegible] [illegible] задерживать [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

Въ [illegible] [illegible] плотности получаетъ внезапный изгибъ и уменьшение скорости. Причина этого состоитъ въ слѣдующемъ: по окончаніи [illegible] (фиг. 17) [illegible] [illegible] усеченныхъ конусовъ, сложенныхъ большими

приспособленiи; Нижнiй конецъ прилегаетъ къ дымовой трубѣ и не вплотную и внизу его прорѣзанныя дверцы для выдуванiя искръ, которыя, вылетѣвъ при ударѣ удаляются о нижнюю раковину и падаютъ внизъ. Для того, чтобы удержать отлетающiя искры, которыя увлекаются вѣтромъ вверхъ, при свертыванiи концовъ рубашки прикладывается выступающiй стальной листъ.

Въ этомъ приборѣ всѣ прорѣзи дымовые и продуктовъ горѣнiя имѣютъ свободный выходъ изъ дымовой трубы, такъ что тяга не затрудняется.- Приборъ этотъ имѣетъ еще только неудобство тѣмъ, что увеличиваетъ вѣсъ трубы, изъ-за чего сопротивленiе воздуха движенiю увеличивается, но впрочемъ очень слабо. Рубашка въ наибольшемъ своемъ сеченiи имѣетъ дiаметръ втрое большiй дiаметра дымовой трубы.

Въ американскихъ паровозахъ употребляется снарядъ, извѣстный подъ именемъ bonnet pipe (фиг. 15). Онъ состоитъ въ слѣдующемъ: надъ обыкновенною дымовою трубою, на высотѣ нѣсколькихъ дюймовъ помѣщается коническiй отражатель съ закругленными боками; такъ продуктовъ горѣнiя отражаются отъ него внизъ и искры падаютъ въ пространство

стѣнки трубъ и жаровыя, подобно тому какъ въ котлахъ Бельвиля, а паръ и дымъ выходятъ черезъ трубчатую стѣнку, закрывающую топку, находящуюся вверху котла.

Образованіе пара.

Какъ извѣстно, [illegible] типъ паровозныхъ котловъ есть трубчатый, такъ какъ паръ для отопленія локомотивовъ требуется въ громадномъ количествѣ, потому и поверхность нагрѣванія должна быть значительна.

Вмѣстѣ съ постепеннымъ увеличеніемъ силы паровозовъ явилась необходимость увеличивать поверхность нагрѣванія, что представляетъ весьма трудную задачу, вслѣдствіе малаго пространства, въ которомъ находится паровозный котелъ. Паровозный котелъ ограниченъ высотою [illegible] для рельсовъ и, главное, размѣры его стѣснены въ ширину небольшимъ разстояніемъ между колесами, и въ длину — [illegible] частей [illegible]. Увеличеніе поверхности нагрѣва въ паровозныхъ котлахъ старались увеличивать тремя способами:

1) Примѣненіемъ [illegible]; вмѣсто [illegible] котловъ цилиндрическимъ,

[illegible] для увеличенія въ немъ числа дымогарныхъ трубокъ и эллиптическимъ (съ вертикально-[illegible] осью), или употребляли котлы [illegible] Хемскера (котелъ этой [illegible] и состоитъ изъ двухъ цилиндровъ, [illegible] другого, во внутреннемъ цилиндрѣ по всему его поперечному сѣченію размѣщены дымогарныя трубки, и онъ наполняется сплошь водою. Наружный же цилиндръ служитъ резервуаромъ для пара). Или, наконецъ, дѣлали котлы различныхъ формъ, увеличивая или уменьшая ихъ въ длину, смотря по расположенію частей паровоза.

Но всѣ эти способы устройства котловъ не вошли въ употребленіе и вездѣ почти остался прежній типъ цилиндрическаго, трубчатаго котла. - Даже самый простой изъ поименованныхъ котловъ, эллиптическій, оказался неудобнымъ, какъ по тяжести своей, такъ и по дороговизнѣ, ибо, представляя въ поперечномъ сѣченіи форму не столь выгодную въ отношеніи разрывающей силы пара, какъ кругъ, онъ требовалъ большей толщины стѣнокъ.

2) [illegible]

При этомъ [illegible] вать [illegible]; способъ [illegible] устройство-

[illegible] стальную [illegible] или стальной про-волокой форме, не может быть употребляема [illegible] [illegible] не больше чем 1,5 метра или 1/92 фунта. Новые проводники Бобровой [illegible] фирмы [illegible] Ройе, [illegible] [illegible] [illegible] [illegible].

Г/ [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]. [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] со [illegible] участковыми, [illegible] проводами. На этом основании [illegible] проводов Антенна.

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible].

Токи. — Сильные токи, приходящие непосредственно от сети, [illegible] [illegible], [illegible] наиболее сильное действие на образование [illegible], [illegible] [illegible] квадратные [illegible] [illegible] [illegible] в одно и тоже время производят [illegible] [illegible], [illegible] одна

квадратная единица поверхности нагрѣва трубокъ. Поэтому выгодно въ этомъ отношеніи увеличивать поверхность топки, однако соразмѣряя объемъ топки съ потребностями горѣнія топлива, какъ мы видѣли въ статьѣ объ отопленіи паровозовъ. Поверхность топки въ нынѣ употребляемыхъ паровозахъ измѣняется отъ 5 до 10ти квадратныхъ метровъ (53,82 квадратныхъ футовъ до 107,64 квадр. саженъ). Послѣдняя цифра относится къ новымъ паровозамъ Сѣверной желѣзной дороги. Выгоднѣе всего увеличивать размѣры топки въ ширину, ибо увеличивая ее въ высоту необходимо также для соотвѣтствующаго увеличенія производства теплоты, утолщать слой горящаго топлива, что, какъ мы видѣли, невыгодно, притомъ и самое дѣйствіе лучистаго теплорода будетъ слабѣе для верхнихъ частей стѣнокъ топки (ибо, какъ извѣстно, сила лучистаго теплорода пропорціональна силѣ его напряженія и обратно пропорціональна квадрату разстоянія). — Увеличиваніе топки въ длину также не выгодно по трудности управленія огнемъ. — Поэтому лучше всего увеличивать разстояніе между колесами. — Въ новыхъ машинахъ Petiet топка очень широка, что было возможно сдѣлать, ибо она помѣщена выше колесъ.

Листъ 12. Подпис. Ордин. Професс. А. Ершовъ

Прогарныя трубки составляютъ наибольшую часть поверхности нагрѣва. - Наилучшее отношеніе поверхности топки къ поверхности трубокъ, по изслѣдованіямъ Лешателье надъ существующими паровозами, составляетъ около 1/10 для паровозовъ, отапливаемыхъ коксомъ или каменнымъ углемъ. Для хорошихъ сортовъ угля это отношеніе можетъ быть уменьшено до 1/12 и даже до 1/15 для легко горящаго топлива, какъ напр. дерева.

Діаметръ трубокъ дѣлается около 0,04 или 0,05 метра (отъ 1,5 до 2-хъ дюймовъ). Число ихъ измѣняется въ существующихъ паровозахъ отъ 125 (пассажирскій паровозъ Понсъ, 1847 г. Ліонской желѣзной дороги) до 289 (Machine pour fortes rampes 1858 г. ch. de fer du Nord. постр. Gouin) и даже до огромной цифры 435 (въ новыхъ машинахъ Сѣверной дороги во Франціи). - Длина ихъ измѣняется отъ 2,5 метра (7,20 футовъ) (въ старыхъ паровозахъ) до 5 метровъ (16,5 футовъ) (паровозы Энгерта). Надо замѣтить, что уменьшать діаметръ прогарныхъ трубокъ съ цѣлью увеличить ихъ число нужно только до извѣстной степени, - затѣмъ уже это становится невыгоднымъ. Кларкъ въ своей „Recent practice" говоритъ, что діаметръ прогарныхъ трубокъ не долженъ быть менѣе 1/7 дюйма. По изслѣдованіямъ Клар-

ки сжатаго воздуха, что разстояніе между продольными трубками имѣетъ большое вліяніе на образованіе пара. – Оно должно увеличиваться по мѣрѣ увеличенія числа трубокъ, въ пропорціи 0,003 метра или 0,12 дюйма на каждыя 30 трубокъ, такъ что если число трубокъ только 30, то достаточно 0,003 метра разстоянія между ними; при 60 трубкахъ – (разстояніе считается между наружными стѣнками, по линіи соединяющей центры смежныхъ трубокъ) 0,006 метра или 0,24 дюйма; при 90 – 0,009 метра или 0,35 дюйма; при 120 – 0,012 метра или 0,47 дюйма и т. д. – При большемъ числѣ трубокъ правило это соблюсти довольно трудно. (По Guide du Mécanicien &c. разстояніе это должно быть не менѣе 0,013 – 0,007 метра). – Для увеличенія поверхности трубокъ выгоднѣе увеличивать ихъ число, нежели длину, ибо при длинныхъ трубкахъ сопротивленіе тяги увеличивается, а вмѣстѣ съ этимъ уменьшается и полезное дѣйствіе машины.

Поверхность трубокъ въ существующихъ паровозахъ измѣняется отъ 50 квадратныхъ метровъ или 538 квадратныхъ футовъ (старые локомотивы Шарпа и Робертса) до 186,688 квадратныхъ метровъ (2009,46 квадратныхъ футовъ)(*) и даже до 193 к. метр.

(*) Паровозъ Энгерта, ch. de fer du Nord, 1856 г.

(2037,45 кв. фут.), въ товарномъ паровозѣ съ четырьмя цилиндрами Сѣверной желѣзной дороги. - Соединенная поверхность нагрѣва въ паровозахъ измѣняется отъ 60 квадратныхъ метровъ (645,85 квадр. фут.) (старые паровозы) до 196,396 кв. метровъ (2,114 кв. футовъ) (Энгерта, Сѣверной желѣзной дороги фр.) и даже до 221 кв. метра (2373,9 кв. футовъ) (пассажирскій паровозъ съ четырьмя цилиндрами).

Вообще можно считать, что 1 квадратный метръ соединенной поверхности нагрѣва въ часъ можетъ образовать отъ 20 до 40 килограммовъ пара, для товарнаго движенія со скоростью отъ 20 до 40 километровъ въ часъ, или на русскія мѣры 10 квадратныхъ футовъ соединенной поверхности нагрѣва производятъ отъ 48 до 95 фунтовъ пара, при скорости движенія отъ 20 до 40 верстъ въ часъ.

Для паровозовъ большой скорости, въ 60 и 70 километровъ въ часъ (отъ 56 - 65 верстъ) цифра эта доходитъ до 50 килограммовъ или 122 фунтовъ въ часъ.

Давленіе пара въ котлѣ и цилиндрахъ.

Такъ какъ въ паровозахъ выигрышъ мѣста весьма важенъ, и притомъ [illegible]ковъ при нихъ, по крайней мѣрѣ до сихъ поръ,

не было возможности устраивать, то-понятно, что давленіе пара въ котлѣ должно быть высоко и тѣмъ болѣе еще, что значительная часть его теряется при переходѣ въ цилиндры. Давленіе это въ настоящее время возросло до 8 и 9ти атмосферъ (абсолютное давленіе); англичане допускаютъ даже большее давленіе, тогда какъ въ прежнихъ паровозахъ давленіе пара въ котлѣ было только въ 4 атмосферы.

Упругость пара сильно уменьшается при переходѣ изъ котла въ цилиндры. — Уменьшеніе это происходитъ отъ сжатія струи пара при входѣ въ отверстіе регулятора, отъ тренія при движеніи по паропроводнымъ трубамъ и наконецъ отъ разныхъ измѣненій въ направленіяхъ и площадяхъ сѣченій частей какъ напримѣръ паровпускныхъ отверстій и т.п. По изслѣдованіямъ французскихъ инженеровъ Полонсо, Лешателье и Гуэна, давленіе пара въ цилиндрахъ при самыхъ благопріятныхъ обстоятельствахъ и совершенно открытомъ регуляторѣ менѣе на 10% давленія пара въ котлѣ. — Наименьшее найденное давленіе пара въ цилиндрахъ было равно 0,36 давленія пара въ котлѣ. — При этомъ регуляторъ былъ почти закрытъ.

По изслѣдованіямъ Кларка оказалось,

что при одномъ только перемѣщеніи паро-
распредѣлительныхъ трубъ нельзя обойтись, что
мы ничѣмъ не устраняемъ этимъ теплаго воз-
духа въ дымовой коробкѣ, потеря давленія
пара при переходѣ его изъ котла въ ци-
линдры, при полномъ открытіи регуля-
тора, пропорціональна квадрату скорости
движенія паровоза. Когда цилиндры хо-
рошо защищены отъ охлажденія и пло-
щадь паровпускныхъ отверстій равна 1/15
площади поршня, то при скорости 64 кил.
километровъ въ часъ (59,99 верстъ), соот-
вѣтствующей скорости поршня 3 метр.
(9,84 фут.) въ секунду, потеря давленія
пара при переходѣ изъ паровой коробки
въ цилиндры достигаетъ до 16%. – Если ци-
линдры дурно защищены отъ охлажденія,
то потеря эта при скорости отъ 32 до
96 километровъ (29,99 до 89,99 верстъ) въ
часъ достигаетъ до 20% и до 40%. – При ци-
линдрахъ, хорошо защищенныхъ отъ охлаж-
денія и при площади каждаго паровпуск-
наго отверстія въ 1/10 площади поршня,
потеря давленія пара при переходѣ его
изъ паровой коробки въ цилиндры, даже
при самыхъ большихъ скоростяхъ не превос-
ходитъ 9%. – При этомъ наибольшая пло-
щадь открываемаго регуляторомъ отвер-
стія должна быть въ 1/20 площади поршня
и увеличивать ее далѣе безполезно.

Потеря давленія при переходѣ пара изъ котла въ дымовую коробку при площади сѣченія паропроводныхъ трубъ въ $1/15$ площади поршня измѣняется отъ $1/3$ до $1/4$ полнаго давленія въ котлѣ. Но при площади въ $1/10$ поршня потеря дѣлается совершенно ничтожной. Даже при площади этой въ $1/13$ поршня и совершенно сухомъ парѣ, потеря давленія при переходѣ пара изъ котла въ дымовую коробку совершенно ничтожна.- Изъ этого видно, какіе размѣры должно придавать паропроводнымъ трубамъ, регулятору и паровпускнымъ отверстіямъ.

Постоянство давленія пара въ цилиндрѣ во время впуска существуетъ только при небольшихъ скоростяхъ.- При скорости же поршня большей 3-хъ метровъ (9,84 футовъ) въ 1 секунду давленіе уменьшается и уменьшеніе это увеличивается вмѣстѣ со скоростью.- Вообще полная потеря давленія пара при переходѣ его изъ котла въ цилиндры можетъ дойти при большихъ скоростяхъ до 30% и даже до 60% при не благопріятныхъ обстоятельствахъ.

Чрезвычайно важное вліяніе на потерю давленія пара оказываетъ увлекаемая имъ вода въ капельномъ видѣ. При сильномъ увлеченіи имъ воды потеря давленія можетъ быть въ нѣкоторыхъ случаяхъ,

по системѣ [illegible], автора увлеченія. Увлеченіе воды происходитъ слѣдующимъ образомъ: при кипѣніи воды въ котлѣ и быстромъ образованіи пара, частицы воды въ капельномъ видѣ, разбрызгиваясь, попадаютъ также въ отверстіе паропроводной трубы и, если отверстіе это находится довольно близко отъ поверхности воды въ котлѣ, то капли воды попадаютъ въ паропроводную трубу въ большомъ количествѣ. — При этомъ надо замѣтить, что уровень воды подымается довольно значительно во время кипѣнія, вслѣдствіе образованія внутри массы воды пузырьковъ пара, представляющихъ въ суммѣ большой объемъ, такъ что если бы отверстіе регулятора было очень высоко надъ нормальнымъ уровнемъ воды въ котлѣ, при спокойномъ его состояніи, то высота эта можетъ быть недостаточна при кипѣніи воды. — Увлеченіе воды дѣлается тогда замѣтнымъ, ибо машина выбрасываетъ ее черезъ дымовую трубу наружу. Кромѣ безполезнаго увеличенія расхода этимъ [illegible] воды и топлива, увлеченіе ея паромъ можетъ быть еще опасно тѣмъ, что, собравшись въ цилиндрѣ, она можетъ препятствовать поршню дойти до конца хода, вслѣдствіе чего, по несжимаемости воды, могутъ быть выбиты крышки цилиндровъ.

(Поэтому машинистъ долженъ во время хода время отъ времени отворять очистительные краны у цилиндровъ). Особенно сильно будетъ увлеченіе воды въ томъ случаѣ, когда пріемъ пара устроенъ низко надъ уровнемъ воды въ котлѣ и надъ топкою, ибо въ этомъ мѣстѣ кипѣніе происходитъ самое сильное. — Среднимъ числомъ воды увлекается паромъ въ количествѣ отъ 1/6 до 1/8 всей питающей котелъ воды. При дурномъ устройствѣ частей количество это можетъ увеличиться до 1/4 и даже въ нѣкоторыхъ случаяхъ достигаетъ до огромной цифры 40%. Поэтому при разсчетѣ расхода воды для питанія паровоза нужно увеличивать его сообразно съ указанными цифрами увлеченія воды. — Кромѣ того среднимъ числомъ можно принимать, что потеря пара черезъ предохранительные клапаны доходитъ до 0,1 всего количества питающей воды, что также нужно принимать въ соображеніе, такъ что если S будетъ количество воды, обращающейся въ паръ, то все количество питающей воды должно быть около 1,3 или 1,4 S.

Для уменьшенія вреднаго вліянія воды полезно помѣщать паровой резервуаръ не надъ топкою, а надъ цилиндрической частью котла (это тѣмъ еще выгодно, что уменьшаетъ длину паропроводныхъ —

трубѣ, держать отверстіе достаточно надъ водою (уровень воды въ котлѣ долженъ быть не менѣе какъ на 4 дюйма выше крыши топки), загибать края отверстія паропріемной трубы, что загибы эти будутъ препятствовать каплямъ воды попадать въ паропроводную трубу. - Кларкъ предлагаетъ слѣдующія мѣры для уничтоженія увлеченія воды паромъ:

1) Дѣлать глубину резервуара пара въ цилиндрической части котла не менѣе 1/4 діаметра его;

2) Дѣлать объемъ резервуара пара надъ топкою равный объему резервуара пара въ цилиндрической части котла, и

3) Поднимать отверстіе паропріемной трубы надъ цилиндрической частью котла, по крайней мѣрѣ на 3/4 его діаметра. Также при употребленіи паропріемной трубы съ узкимъ прорѣзомъ и безъ резервуара (какъ въ паровозахъ Крэмптона) паръ получается сухой. Самое раціональное средство противъ увлеченія воды суть такъ называемые осушители пара, приспособленные къ паровозамъ въ послѣднее время французскимъ инженеромъ Petiet (и новые паровозы Сѣверной желѣзной дороги во Франціи).

Осушитель состоитъ изъ цилиндра (фиг. 16, 17), устроеннаго на подобіе котла и помѣщеннаго надъ паровымъ котломъ (внут-

нии этого цилиндра помѣщены двѣ доски AB съ трубками a, a, ..., такъ что пространство между трубками a, a, ..., соединенное съ котломъ трубками A, A, изолировано отъ дымовой коробки и дымовой трубы, которая горизонтальна и составляетъ продолженіе осушителя. Паръ, проходя изъ котла въ осушитель (на верху котораго устроено помѣщеніе регулятора), нагрѣвается горячими газами, проходящими изъ дымовой коробки черезъ трубки aa въ дымовую трубу, причемъ увлеченная вода въ капельномъ видѣ обращается въ паръ. Хотя при такомъ устройствѣ сопротивленіе тяги увеличивается, но невыгоды отъ этого приспособленія, съ избыткомъ вознаграждаются осушеніемъ пара. - Поверхность нагрѣва такихъ осушителей въ паровозахъ измѣняется отъ 12 до 14 квадратныхъ метровъ и составляетъ около 1/14 или 1/15 всей поверхности нагрѣва. - При такомъ устройствѣ, теплота, заключенная въ продуктахъ горѣнія, употребляется съ большою пользою, что видно уже изъ того, что, по свидѣтельству французскаго инженера Сфилоана, температура выходящихъ изъ дымовой трубы продуктовъ горѣнія не выше 250°, тогда какъ въ обыкновенныхъ паровозахъ при усиленной работѣ онѣ нерѣдко достигаютъ до 800°.

Подобные осушители употреблялись и прежде въ пароходныхъ котлахъ, но тамъ они представили одно неудобство и довольно важное, именно: въ случаѣ небольшаго расхода пара они до такой степени нагрѣваются въ осушителяхъ, что портятъ пеньковую забивку поршней. — Понятно, что неудобство это не существуетъ въ паровозахъ, гдѣ забивка поршней металлическая.

Давленіе мятаго пара. На давленіе мятаго пара имѣютъ вліяніе: скорость поршня, отверстіе для выпуска пара, отверстіе конуса и размѣры его послѣдняго. — По опытамъ Бура давленіе мятаго пара при прочихъ тѣхъ же обстоятельствахъ *пропорціонально квадрату скорости и обратно пропорціонально квадрату площади наружнаго отверстія.* — Во всякомъ случаѣ можно положить, что оно ни въ какомъ случаѣ въ цилиндрѣ не превосходитъ 1,5 атмосферъ абсолютнаго давленія. — Редтенбахеръ принимаетъ его давленіе не болѣе 1,25 атмосферъ.

Вода питающая котелъ. Весьма важно для дѣйствія паровозовъ, чтобы вода, питающая ихъ была чиста и не могла образовывать осадковъ, вредное вліяніе которыхъ извѣстно изъ курса паровыхъ машинъ. — Въ особенности чистота воды не-

обходимо для паровозовъ, гдѣ испареніе воды очень быстро, и осадки могутъ скоро образоваться. - Множество химическихъ способовъ предложено было для очищенія воды, но всѣ они не оказали хорошихъ результатовъ; во всякомъ случаѣ должно стараться очищать воду въ резервуарахъ водокачалень на станціяхъ, не допуская нечистой воды въ котелъ. - Если осадки, несмотря на принимаемыя мѣры, будутъ всетаки образовываться въ котлѣ, то очистка его должна часто и тщательно производиться, для чего даже иногда бываетъ нужно вынимать нѣсколько прогарныхъ трубокъ. Авторы „Guide du Mécanicien, constructeur etc." считаютъ, что сумма расходовъ на пройденный паровозомъ километръ, вслѣдствіе дурнаго качества воды, никакъ не менѣе 0,1 франка; считая, что паровозъ среднимъ числомъ проходитъ въ годъ до 20000 километровъ, увеличеніе расходовъ на машину въ годъ будетъ 2000 франковъ.

Весьма полезно нагрѣвать воду, питающую паровозные котлы, какъ въ резервуарахъ водокачалень, такъ и въ тендерѣ. Нагрѣваніе воды въ резервуарахъ водокачалень не будетъ стоить дорого, ибо для сего можно употреблять топливо, негодное для отопленія паровозовъ, какъ напр.

мелкій уровень и т. п. Нагрѣваніе же воды въ тендерѣ производится посредствомъ впуска въ тендеръ пара во время стоянки паровоза, когда этотъ паръ безполезно бы терялся черезъ предохранительные клапаны. Нагрѣваніе воды полезно не только въ отношеніи сбереженія топлива, во вторыхъ по Клапейрону [illegible] нагрѣваніе воды въ тендерахъ [illegible] до 15° [illegible] тѣмъ, что [illegible] движенія паровоза; въ сильный морозъ, когда во время движенія въ котелъ вводится большая масса воды, то давленіе можетъ вдругъ понизиться до такой степени, что неопытный машинистъ не будетъ въ состояніи продолжать движеніе. При водѣ, нагрѣваемой до 50 или 60 градусовъ, этого случиться не можетъ.

Слѣдуетъ поддерживать воду въ тендерѣ отъ 60° до 70° стоградуснаго термометра и не превосходить этого предѣла, ибо слишкомъ горячая вода можетъ превращаться въ паръ въ насосахъ и этимъ прекращать ихъ дѣйствіе.

Надо замѣтить, что нагрѣваніе воды до такой степени можетъ быть допускаемо только при употребленіи насосовъ. При инжекторѣ Жиффара нагрѣваніе можетъ быть доведено только до 40°; при высокой температурѣ [illegible]

воды, инжекторъ, какъ показалъ опытъ, перестаетъ дѣйствовать. Въ этомъ отношеніи инжекторъ невыгоденъ, но невыгода эта уравновѣшивается меньшимъ расходомъ силы на питаніе котла и возможностью питать котелъ во время стоянокъ.

Прежде для питанія котла во время стоянокъ употребляли донки (донка – le petit cheval) – небольшія паровыя машины (помѣщаемыя по одной при каждомъ паровозѣ). – Это особенно было примѣнено къ товарнымъ локомотивамъ. – Также на станціяхъ устраивали особые катки (фиг. 18) (galets d'alimentation) для питанія котловъ локомотивовъ во время стоянокъ.

Катки эти устраивались слѣдующимъ образомъ: на станціи въ мѣстѣ остановки поѣзда, въ рельсахъ устраивался прорѣзъ, въ которомъ помѣщались катки въ уровень съ поверхностью рельсовъ. На катки эти паровозъ устанавливался ведущими колесами, а прочія закрѣплялись на рельсахъ деревянными подкладками, или просто клиньями. Затѣмъ регуляторъ открывался и ведущія колеса вращались на мѣстѣ свободно, вслѣдствіе поддерживанія ихъ катками, также свободно вращающимися около своей оси.

При этомъ весь механизмъ паровоза, а также и питательные приборы приходили въ дѣйствіе и котелъ питался водою изъ тендера. Всѣ эти приборы въ настоящее время оставлены и замѣнены инжекторами Жиффара.

Детальное устройство паровоза.

Здѣсь мы разсмотримъ только устройство паровоза, какъ экипажа, а устройство его, какъ паровой машины, уже разсмотрѣно въ курсѣ паровыхъ машинъ.

Рамы (смотр. 30 31, 32, 33, 34, 35, 36 и 37), на которыхъ помѣщаются паровой котелъ локомотива и весь движущій механизмъ, посредствомъ рессоръ опираются на смазочныя коробки, сидящія на осяхъ паровоза.

На рамѣ помѣщается площадка для машиниста и соединительный механизмъ для соединенія паровоза съ тендеромъ или другимъ паровозомъ. — Рама состоитъ изъ двухъ желѣзныхъ продольныхъ брусьевъ, связанныхъ между собою по концамъ желѣзными или деревянными поперечными брусьями.

Каждый такой продольный брусъ имѣетъ на своихъ концахъ вырѣзы въ родѣ челноковъ, къ которымъ и прикрѣпляются

болтами поперечные бруса (фиг. 33, 34). Это первая система рамъ.

Лапы (plaques de garde) (Таб. 8 фиг. 33, 34), обхватывающія смазочныя коробки и служащія для удержанія ихъ въ неизмѣняемомъ положеніи, состоятъ изъ двухъ желѣзныхъ листовъ, прикрѣпленныхъ съ обѣихъ сторонъ къ продольнымъ брусьямъ заклепками (фиг. 33, 34) или болтами; впрочемъ онѣ въ настоящее время составляютъ почти всегда одно цѣлое съ продольными брусьями (Таб. 7; фиг. 30, 31, 32; Таб. 9; фиг. 38, 39 и 40.)

Въ этомъ типѣ (Т. 9, Ф. 38, 39, 40) два внѣшнихъ продольныхъ бруса (а) простираются во всю длину машины, третій же внутренній продольный брусъ (b), прикрѣпленный къ дымовой коробкѣ, оканчивается не доходя до топочной коробки, что видно изъ чертежа, и опирается на колѣнчатую (по срединѣ) ось помощію смазочной коробки, на которую передается посредствомъ рессоръ часть вѣса котла; при этомъ колѣнчатая ось должна быть разсчитана такимъ образомъ, чтобы она не могла прогнуться отъ дѣйствующаго на ея оконечности груза. — Каждый изъ трехъ продольныхъ брусьевъ вмѣстѣ съ ихъ лапами вырѣзанъ изъ цѣльнаго желѣзнаго листа. Два внѣшніе продольные бруса прикрѣплены къ дымовой коробкѣ и имѣютъ на концахъ своихъ вырѣзки (c) для при-

крѣпленія къ нимъ наружныхъ частей цилиндра. Третья система паровозныхъ рамъ, которую можно разсматривать какъ соединеніе двухъ первыхъ, только что нами разсмотрѣнныхъ, примѣнена къ паровозамъ съ внѣшними цилиндрами. Здѣсь весь грузъ, лежащій на рамѣ, передается посредствомъ рессоръ и смазочныхъ коробокъ на оконечности осей колесъ. Наиболѣе выдающимся примѣромъ примѣненія такого устройства рамы служатъ пассажирскіе паровозы Рязанской желѣзной дороги (Таб. 7. Фиг. 30, 31 и 32)

Лучшимъ примѣромъ смѣшанной системы (Таб. 8; Ф. 35, 36 и 37) рамъ служатъ паровозы Крамптона; въ нихъ рамы двойныя, изъ которыхъ одна внутренняя (b), а другая внѣшняя (a); къ первой прикрѣпляются смазочныя коробки (несущія ось ведущихъ колесъ, а ко второй остальныя; передняя часть рамы соединена посредствомъ поперечниковъ съ четырьмя подшипниками, которые составлены изъ вертикальныхъ желѣзныхъ листовъ. Передній поперечный брусъ, также дѣлается обыкновенно изъ дуба, вышиною отъ 0,30 метра до 0,40 метра при ширинѣ 0,15 метра до 0,25 метра; иногда онъ дѣлается изъ кованнаго желѣза, или изъ желѣзныхъ листовъ съ подпорками и скрѣпленныхъ желѣзными угольниками и поперечными брусьями. Къ срединѣ передняго бруса прикрѣпленъ крюкъ (или кольцо),

на который надѣвается упряжная цѣпь (chaîne d'attelage), а на концахъ бруса расположены буфера, служащіе для ослабленія удара, когда паровозъ встрѣчаетъ какое нибудь препятствіе, и они дѣлаются большею частью изъ вулканизированнаго каучука или со стальными рессорами.

Задній поперечный брусъ также бываетъ деревянный или желѣзный; на немъ также находится пара малыхъ буферовъ и предохранительныя цѣпи, которыми паровозъ соединяется съ тендеромъ.

<u>Соединеніе парового котла съ машиною и рамами.</u> Чтобы котелъ отъ нагрѣванія могъ расширяться (*), не причиняя этимъ вреда другимъ частямъ машины, отверстія для болтовъ, которыми онъ прикрѣпленъ къ продольнымъ брусьямъ, дѣлаютъ овальными. Части, соединяющія котелъ съ рамами, дѣлаются часто изъ желѣзныхъ листовъ, которые съ одной стороны прикрѣплены къ котлу, а съ другой стороны соединены съ продольными брусьями рамы посредствомъ наугольниковъ. Въ прежнихъ паровозахъ, у которыхъ рамы состояли изъ дерева и листового желѣза, соединенія эти дѣлались (supports) изъ кованнаго желѣза (Т. 10; Ф. 46 и 47);

(*) Расширеніе это достигаетъ отъ 0,007 смет-ра до 0,008 метра.

въ [illegible] [illegible], и [illegible] [illegible] брусъ [illegible] [illegible] изъ [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] съ [illegible] [illegible] [illegible] цилиндровыхъ [illegible] и наугольниковъ; [illegible] образомъ [illegible] [illegible] [illegible] также и изъ [illegible] [illegible]; въ этихъ случаяхъ они [illegible] [illegible] къ [illegible] и [illegible] болтами съ продольными брусьями (Т.10; Ф.41, 42, 43 44, 45, 48, 49). При [illegible] рамахъ, подпорки [illegible] и [illegible] коробки [illegible] между собою [illegible] [illegible] только одними [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] коробки соединяются съ продольными [illegible] и [illegible] болтами (Т.10: Ф.52, 53) или [illegible] [illegible] (Т.10. Ф. 50 и 51) какъ показано на чертежахъ. [illegible] основная коробка имѣетъ [illegible], [illegible] въ [illegible] [illegible] коробки, къ этимъ [illegible] прикрѣпляются [illegible], [illegible] на подобіе крючковъ, [illegible], которыя опираются на верхніе края продольныхъ брусьевъ и соединяются съ ними болтами, для которыхъ отверстія [illegible] [illegible] овальныя.

Принадлежности рамы. [illegible] есть [illegible] брусъ, находящійся спереди машины и возвышающійся на нѣсколько сантиметровъ надъ рельсами (оно-

и 0,85 метра; въ видахъ [illegible] уменьше-
нія пьедестальныхъ [illegible], сползающихъ на паль-
цахъ. Пьедестальныя прикрѣпляются или
къ верхней поперечинѣ рамы или къ отдѣ-
льнымъ деревяннымъ брускамъ, когда пьедестальныя рас-
положены ниже продольныхъ.

Подножки, служащія для входа на плат-
форму, прикрѣпляются или къ оконечностямъ
среднихъ поперечныхъ брусьевъ или къ продоль-
нымъ брусьямъ рамы и состоятъ изъ двухъ
металлическихъ ступенекъ; изъ которыхъ пер-
вая не должна быть ниже [illegible]
0,50 метра; вторая ступенька располага-
ется впереди первой.

Платформа. Она находится позади ма-
шины, имѣетъ 1 метръ длины и 2 метра
ширины. Въ паровозахъ съ крытыми рама-
ми платформа должна лежать весьма
низко или ниже, чтобы кочегаръ могъ на-
бирать удобно снабженіе [illegible]. Плат-
форма имѣетъ [illegible] къ
[illegible] поперечнымъ брусьямъ и ограж-
дена для безопасности машиниста съ бо-
ковъ рѣшетками; толщина платформы
доходитъ около 0,04 метра.

Сочлененіе паровоза съ тендеромъ посред-
ствомъ особенныхъ приспособленій показано на
Т.19. Ф.111 и 112. Далѣе это сочлененіе будетъ
разсмотрѣно болѣе подробно.

[illegible]

ловенно между двумя лапами и шипомъ различную форму, смотря потому, будутъ-ли рамы внутреннія или внѣшнія относительно колесъ. Составныя части смазочной коробки суть: 1) собственно коробка, 2) подшипникъ и 3) подшипниковая подушка.

Собственно коробка бываетъ обыкновенно чугунная или стальная; въ верхней части ея находится углубленіе для помѣщенія смазывающаго вещества (масла); это углубленіе сообщается съ двумя каналами (въ діаметрѣ отъ 0,004 метра до 0,005 метра) съ подобными же отверстіями, сдѣланными въ подшипникѣ; такимъ образомъ сало или масло можетъ помощію этихъ каналовъ протекать на шейку колесной оси; но такъ какъ отверстія каналовъ находятся выше дна масляныхъ ящиковъ, то для этого въ нихъ кладутся нитки, играющія роль сифоновъ. Сверху коробка закрывается крышкой, вращающейся на шарнирѣ, для предохраненія ея отъ засоренія во время движенія паровоза. Коробка обыкновенно дѣлается чугунная или стальная, а подшипникъ бронзовый (18 частей красной мѣди + 18 частей олова + отъ 1 до 3% цинка).

Иногда эти коробки дѣлаются бронзовыя и въ такомъ случаѣ подшипникъ составляетъ съ ней одно цѣлое.

Въ верхней части коробки сдѣланъ [illegible]никъ для помѣщенія упорнаго болта рессоры (Т. 11; Ф. 54 и 55) представляютъ различныя формы смазочныхъ коробокъ наиболѣе употребительныхъ. Таб. 11 и таб. 12; фиг. 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62 представляютъ: 54-е видъ выступающ. спереди и вертикальное сѣченіе по линіи (I-I): 56-е вертикальное сѣченіе по линіи xy; 57-е горизонтальное сѣченіе по линіи (II-II); 57-е видъ сверху: 58-е вертикальное сѣченіе по линіи (I-I): 59-е вертикальное сѣченіе по срединѣ; 61-е горизонтальное сѣченіе по линіи (II-II); 62-е видъ сверху; 60 верхняя часть сѣченія (III-III).

Подшипникъ вставляется въ коробку и между нимъ и его подушкой оставляется всегда зазоръ на случай расширенія вращающейся между ними шейки колесной оси; подушка, какъ показано на чертежѣ, имѣетъ форму многогранную для удержанія его въ неизмѣнномъ положеніи. Краямъ этого подшипникамъ дается игра въ 0,001 метра. Различіе смазочныхъ коробокъ ведущихъ (колесъ) осей отъ смазывающихъ коробокъ поддерживающихъ осей заключается только въ размѣрахъ. Направляющія смазочныхъ коробокъ (les guides) прикрѣпляются болтами къ рамамъ; ихъ стоитъ необходимо, чтобы соединеніе это было сдѣлано какъ можно отчетливѣе для того.

чтобы рама могла свободно перемещаться по вертикальному направлению. Направляющие смазочных коробокъ и въ особенности ведущихъ колесъ, поддерживающихъ значительный грузъ, должны иметь поверхность соприкасанія съ коробкой какъ можно болѣе широкую для того, чтобы сопротивленіе боковымъ перемѣщеніямъ ея заплечикъ было значительно. - Для того, чтобы сдѣлать смазочную коробку болѣе неподвижною въ ея направляющихъ между ними вставляютъ клинья, которые по произволу можно болѣе или менѣе вгонять помощію особыхъ винтовъ, помѣщенныхъ въ верхней части коробки (Т. 14. Ф. 70, 71, 72) Замѣтимъ при этомъ, что голова клина должна быть всегда обращена внизъ для того, чтобы на случай, когда гайка развинтилась-бы, чтобы клинъ не заклинилъ коробку въ направляющихъ и тѣмъ не воспрепятствовалъ бы дѣйствію рессоръ.

Чтобы дать возможность паровозу двигаться по кривымъ малаго радіуса, одно изъ простѣйшихъ средствъ состоитъ въ томъ, что придаютъ колесамъ нѣкоторую подвижность поперекъ пути, оставляя для этого игру между пластинками смазочныхъ коробокъ и лапами или же между подшипниками и заплечиками шеекъ оси. Игра эта измѣняется отъ 15

до 25 миллиметровъ въ ту и другую сторону отъ ихъ средняго положенія. Для этой цѣли Г. Caillet изобрѣлъ приборъ, получившій примѣненіе на многихъ желѣзныхъ дорогахъ; онъ состоитъ (Т.14; Ф. 73, 74.) главнымъ образомъ изъ двухъ горизонтальныхъ рессоръ, средины которыхъ охвачены обоймицами, соединенными между собою поперечиной.

Оконечности этихъ рессоръ помощію особой штуки упираются въ одно и тоже время какъ въ смазочную коробку, такъ и въ стоянки подвѣсныхъ рессоръ. Такимъ расположеніемъ достигается подвижность смазочной коробки. - Понятно, чтобы смазочная коробка могла имѣть игру относительно ея средняго положенія, напримѣръ влѣво, необходимо, чтобы разстояніе между правой смазочной коробкой и лѣвымъ упорнымъ болтомъ уменьшилось, а для этого обѣ рессоры должны прогнуться. Г. Полонсо для этой цѣли придумалъ снарядъ довольно простой, который получилъ большое примѣненіе и извѣстенъ у французовъ подъ именемъ osselet. Онъ состоитъ (Т.14; Ф. 76) изъ призмы, имѣющей въ поперечномъ сѣченіи форму треугольника, котораго вершина опирается на смазочную коробку, а основаніе поддерживаетъ упорный болтъ подвѣсной рессоры. Г. Bocquenot примѣнилъ для Орлеанской желѣзной дороги приборъ, имѣю-

щей большую аналогію съ предъидущимъ (Т. 14 Ф. 75). Устройство его слѣдующее: въ смазочной коробкѣ сдѣланы двѣ наклонныя призмы, на которыя опираются двѣ другія призмы (имѣющія такіе же углы при вершинѣ), соединенныя съ упорнымъ болтомъ подвѣсной рессоры.

Бельгійскій инженеръ Vaessen проектировалъ въ 1859 году паровозъ для одной Испанской желѣзной дороги (ch. de fer d'Alar à Santander) съ тремя сдвоенными парами колесъ и подвижнымъ четырехколеснымъ передкомъ (avant-train mobile); послѣдній отличается отъ американскихъ передковъ, имѣющихъ движеніе только около шкворня, прикрѣпленнаго къ паровозу, тѣмъ, что шкворень его укрѣпленъ на прочномъ горизонтальномъ рычагѣ, котораго задняя оконечность соединена съ общимъ строеніемъ паровоза, между тѣмъ, какъ другая оконечность поддерживаетъ передній грузъ паровоза; кромѣ того, чтобы уменьшить неустойчивость, которая можетъ возникнуть вслѣдствіе поперечной подвижности въ прямолинейномъ пути Vaessen устроилъ такимъ образомъ, что дышловая коробка опирается на переднюю часть рычага помощію системы двухъ двойныхъ наклонныхъ плоскостей, такъ что перемѣщеніе не иначе можетъ происходить, какъ приподнимая весь грузъ, лежащій на

этомъ мѣстѣ рычага.

Затрудненія, при проходѣ паровоза въ кривыхъ малаго радіуса, послужили также поводомъ къ разысканію наивыгоднѣйшаго устройства соединительныхъ механизмовъ между паровозомъ и тендеромъ. Г. Полонсо предложилъ для этой цѣли слѣдующій приборъ (T.13; ф. 63, 64): въ нѣкоторомъ разстояніи отъ средней оси паровоза прикрѣплены на шарнирахъ къ продольнымъ брусьямъ рамы два горизонтальные стержня, концы которыхъ соединены между собою поперечнымъ балансиромъ, помѣщеннымъ подъ платформой; средина этого балансира соединена болтомъ съ вертикальнымъ кольцомъ, которое въ свою очередь помощію винтоваго стержня и двухъ другихъ колецъ (которыя могутъ быть сближены по произволу, вращая рукоятку въ ту или другую сторону) соединено съ крюкомъ тендера.

Г. Stradal, австрійскій инженеръ, этотъ же вопросъ рѣшилъ другимъ образомъ. Соединительный механизмъ, имъ придуманный, можетъ быть приложенъ къ машинамъ, для которыхъ механизмъ Полонсо не могъ быть удобно примѣненъ (T.13; ф.65); механизмъ этотъ состоитъ изъ стержня, имѣющаго форму T, одинъ конецъ его соединенъ съ тендеромъ, а два другіе

прикрѣплены къ оконечностямъ двухъ маленькихъ маятниковъ, которые могутъ вращаться около своихъ вертикальныхъ стержней. При движеніи паровоза съ тендеромъ направленіе сопротивленія, оказываемаго соединительнымъ механизмомъ, проходитъ постоянно чрезъ точку прикрѣпленія стержня къ тендеру и также чрезъ точку встрѣчи осей маятниковъ (такъ какъ оно передается лишь двумя маятниками). Помощію вычисленій найдено, что при извѣстныхъ размѣрахъ различныхъ частей расцѣпляющаго соединенія, точка, гдѣ направленіе сопротивленія встрѣчаетъ продольную ось машины, очень мало измѣняется при различныхъ положеніяхъ паровоза относительно тендера. Соединительный механизмъ Thiabel'я, примѣненный ко многимъ австрійскимъ паровозамъ, въ особенности Земмерингской желѣзной дороги, гдѣ радіусы закругленій уменьшены до 190 метровъ, далъ тѣ-же результаты, какъ и Полонсо.

Рессоры, по своему тройному назначенію, раздѣляются на:

1) Подвѣсныя, посредствомъ которыхъ грузъ машины передается на оси (Т. 6; ф. 20, 21 и 22)

2) Буферныя или ударныя, служащія для передачи ударовъ и толчковъ.

Т. б; ф. 28, 29) и

3) Тяговыя, служащія для уменьшенія [illegible].

Разсмотримъ по порядку всѣ три рода рессоръ.

Подвѣсныя рессоры дѣлаются изъ полосъ литой стали, положенныхъ одна на другую и обвязанныхъ по срединѣ обоймой, (удерживающей полосы на мѣстѣ), отъ которой идетъ стержень, упирающійся въ верхнюю часть смазочной коробки. Листы или полосы, входящіе въ составъ рессоры, имѣютъ въ планѣ видъ четырехъ-угольниковъ. Верхній листъ рессоры весь одинаковой толщины и имѣетъ на концахъ видъ прямоугольника, между тѣмъ какъ остальные листы, будучи одинаковой толщины съ первымъ, утончаются къ концамъ и иногда срѣзываются.

Стальныя полосы, назначенныя для рессоръ, предварительно обрѣзываются, согласно требуемымъ размѣрамъ; въ нихъ просверливается отверстіе для средней заклепки, концы же утончаются подъ ударами молота, затѣмъ рессорные листы нагрѣваются въ печи и выгибаются на спеціальной болванкѣ; послѣ этого листы собираются и въ нихъ просверливаются всѣ требуемыя по конструкціи отверстія, затѣмъ стягиваются заклепками и обвя-

стягиваются обоймой, которая надвигается на нихъ въ разгоряченномъ состоянiи. Обоймы эти имѣютъ видъ, въ поперечномъ разрѣзѣ, рамки, какъ это видно изъ фигуръ 20, 21 и 22, помѣщенныхъ на таб. 6 Альбома.

Но этотъ способъ соединенiя рессоръ между собою не хорошъ, такъ какъ рессоры при этомъ значительно ослабляются, поэтому теперь придаютъ рессорамъ (особенно для вагоновъ) форму, показанную на фигурѣ 26 Т. 6); при такомъ соединенiи выпуклины одного листа приходятся противъ впадинъ другого (для того, чтобы листы не могли скользить одинъ по другому). Иногда вмѣсто этого дѣлаютъ по срединѣ листовъ отдѣльные сферическiе выступы и впадины. — Обойма, обхватывающая рессорные листы, обыкновенно отковывается вмѣстѣ съ стержнемъ, который упирается въ выступъ стяжочной коробки. Нерѣдко къ обоймѣ придѣлываютъ два такихъ стержня, обхватывающихъ раму съ обѣихъ сторонъ. Концы рессоръ прикрѣпляются къ рамамъ особыми болтами слѣдующимъ образомъ (фиг. 25, таб. 6)

На концахъ каждой рессоры дѣлаются отверстiя, чрезъ которыя пропускаются болты; при этомъ, чтобы не ослабить рессору въ мѣстѣ, гдѣ проходитъ болтъ, дѣлаются утолщенiя, имѣющiя форму сфери-

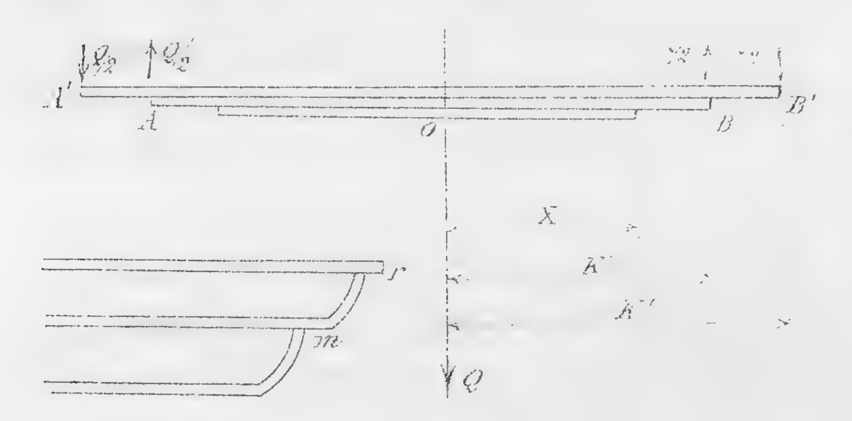
ческаго выступа, на которую имѣется до-
вольно плоская подкладка для болта, кото-
рый оканчивается винтовымъ нарѣзомъ
и удерживается на своемъ мѣстѣ двумя
гайками. Иногда кромѣ двухъ гаекъ дѣла-
ютъ еще въ болтѣ скважину, въ которую
вставляется шплинтъ; послѣдній игра-
етъ ту-же роль, какъ и чека. Такое при-
способленіе воспрепятствуетъ совершенно
развинчиванію гаекъ. Въ нижней части
болтъ имѣетъ двѣ вѣтви, обхватывающія
рессору. Вѣтви эти имѣютъ утолщенія съ
отверстіями, черезъ которыя проходятъ
болты, прикрѣпляющіе ихъ къ рамѣ (фиг.
24.Т.6). Иногда для большей прочности концы
рессоръ загибаютъ и въ образуемыя такимъ
образомъ отверстія пропускаютъ болты,
которые соединяются уже съ подвѣсными
болтами, имѣющими вверху и внизу двѣ
вѣтви, устройство которыхъ одинаково
съ вышеописанными.

Средняя часть подвѣснаго болта имѣ-
етъ винтовую нарѣзку, обхватываемую
обоймой, вращая которую въ ту или дру-
гую сторону, можно поднять или опус-
тить рессору (фиг. 23.Т.6). Есть еще другое
очень хорошее устройство подвѣсныхъ рес-
соръ, именно: на концахъ рессоры дѣлаются
загибъ кверху, оканчивающійся круглою повер-
ностью, которая обхватывается крюкомъ,

имѣющимъ форму, показанную на фигурахъ 66, 67 таб. 13.

Такое устройство подвѣсныхъ рессоръ имѣютъ нѣкоторые паровозы Сѣверной французской желѣзной дороги. Тамъ кромѣ того крюкъ соединенъ съ рамой помощію особеннаго выступа, прикрѣпленнаго къ рамѣ болтомъ. — Иногда помѣщаютъ еще рессоры подъ скользящими коробками, но такое расположеніе не совсѣмъ безопасно и поэтому его слѣдуетъ избѣгать.

Покажемъ теперь какимъ образомъ можно опредѣлить размѣры рессоръ, удовлетворяя условіямъ прочности и данной гибкости. Положимъ, что мы имѣемъ нѣсколько листовъ, прикасающихся между собою. Такъ какъ подвѣсный стержень раз-



дѣляетъ рессору на двѣ совершенно симметрическія части, то если обозначимъ силу, дѣйствующую посредствомъ подвѣшеннаго соединенія на рессору чрезъ Q, то усиліе, производящееся на концѣ каждаго

листа внутрь $= \frac{Q}{2}$; при этомъ мы могли бы разсматривать половину каждаго листа, какъ брусъ, который однимъ концемъ задѣланъ въ стѣну, а на другой дѣйствуетъ сила $= \frac{Q}{2}$; но это было бы справедливо только въ томъ случаѣ, если-бы листы, входящіе въ составъ рессоры, соприкасались бы по всей длинѣ между собою, но такъ какъ существуютъ рессоры и такія, которыя прикасаются между собою только концами (т.е.), что для большей общности, при рѣшеніи задаваемаго вопроса, слѣдуетъ разсматривать каждую вѣтвь листа какъ брусъ, котораго одинъ конецъ задѣланъ въ стѣну, а другой же опертъ и что кромѣ того на конецъ еще дѣйствуетъ сила $\frac{Q}{2}$. Обозначимъ разстояніе OB черезъ k и OB' черезъ k' и возьмемъ какое нибудь сѣченіе листа на разстояніи x отъ O, тогда зависимость между внутренними и внѣшними силами, дѣйствующими въ этомъ сѣченіи, выразится слѣдующимъ образомъ:

$$\frac{EI}{\rho} = \frac{Q}{2}(k - x) - \frac{Q}{2}(k' - x),$$

или:

$$\frac{EI}{\rho} = \frac{Q}{2}(k - k') \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Изъ этого уравненія мы видимъ, что ρ величина постоянная и слѣдова-

Листъ 14. [illegible] Ордин. Профессоръ: [illegible]

-менно кривая изгиба будетъ дуга круга.

Составляя уравненіе для другой части листа между B и B', получимъ:

$$\frac{EI}{\rho} = \frac{Q}{2}(\kappa - x) \quad . \quad . \quad . \quad (2'$$

Уравненіе (2) показываетъ, что кривая изгиба въ промежуткѣ отъ B до B' будетъ уже не дуга круга, ибо ρ величина перемѣнная.

Условія прочности листа въ первомъ и во второмъ случаѣ изобразятся слѣдующими двумя уравненіями:

$$\frac{RI}{z_0} = \frac{Q}{2}(\kappa - \kappa') \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$\frac{RI}{z_0} = \frac{Q}{2}(\kappa - x) \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Такъ какъ (4) выраженіе менѣе (3), то слѣдовательно вторая часть листа будетъ менѣе напряжена, чѣмъ первая. Посмотримъ какую форму надо придать рессорѣ, чтобы на нее пошло наименьшее количество матеріала; для сего измѣнимъ уравненіе (4) въ слѣдующее:

$$\frac{RI'}{z'_0} = \frac{Q}{2}(\kappa - x) \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Взявъ отношеніе (5) къ (4), получимъ:

$$\frac{\frac{I}{z_0}}{\frac{I'}{z'_0}} = \frac{\kappa - \kappa'}{\kappa - x} \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Полагая, что ширина листа будетъ вездѣ одна и толщина тоже, что вездѣ ровно, a будетъ постоянно, изъ уравненія (6) получимъ:

$$\frac{k-x'}{k-x} = \frac{I}{I'} = \frac{\frac{a^3 b}{12}}{\frac{a^3 b'}{12}},$$

откуда:

$$b' = \frac{b(k-x)}{k-x'}.$$

Полагая въ выраженіи значеніе b', исчислимъ ширину листа въ частяхъ AA' и BB' при измѣненіи x отъ A до A' и отъ B до B', т. е. отъ 0 до $k-k'$. Такъ какъ при $x = k$, $b = 0$, то, чтобы гарантировать равное сопротивленіе по всей длинѣ листа, нужно продолжить концы треугольникомъ (или листы должны быть ограничены по параболѣ, или, что предпочтительнѣе, полукруглой формы).

Въ вышеприведенныхъ двухъ выраженіяхъ:

$$\rho = \frac{CI}{\frac{Q}{2}(k-k')} \quad \text{и} \quad \rho_1 = \frac{CI'}{\frac{Q}{2}(k-x)}$$

и вслѣдствіе равенства $\frac{I}{k-k'} = \frac{I'}{k-x}$ величины ρ и ρ_1 должны быть равны между собою, вслѣдствіе чего кривизна концовъ листовъ рессоры одинакова, т. е. при всѣхъ будетъ по одному радіусу.

Преобразуемъ теперь уравненіе:

$$\frac{EI}{\rho} = \frac{Q}{2}(x - x'); \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

для чего положимъ, что вся длина главнаго (т. е. верхняго) листа $= L$, число листовъ $= n$, а разность этого листа $x - x'$ будетъ одинакова для всѣхъ листовъ; тогда получимъ, что:

$$L = 2n(x - x'),$$

откуда

$$x - x' = \frac{L}{2n}.$$

Вставивъ эту величину въ уравненіе (7), получимъ:

$$\frac{EI}{\rho} = \frac{Q}{2} \cdot \frac{L}{2n} \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Если главный листъ отъ дѣйствія силы Q приметъ стрѣлку прогиба f, то принимая безъ большой погрѣшности хорду, стягивающую половину дуги L, равною $\frac{L}{2}$, получимъ:

$$\rho = \frac{L^2}{8f},$$

и уравненіе (8) вслѣдствіе этого приметъ слѣдующій видъ:

$$\frac{EI}{L^2} \cdot 8f = \frac{Q}{2} \cdot \frac{L}{2n};$$

откуда: $n = \frac{Q}{2} \cdot \frac{L^3}{2 \cdot 8f \cdot EI}$ (*),

или:

(*) гдѣ $I = \frac{a^3 b}{12}$.

$$n = \frac{Q}{f} \cdot \frac{3L^3}{8\,E a^3 b}, \quad \ldots (9)$$

гдѣ a толщина листовъ и b ширина ихъ.

Подставляя въ уравненіе (9) вмѣсто E коэффиціента упругости литой стали 20000 килограммовъ на 1 миллиметръ, или 787680 пудовъ на 1 квадр. дюймъ, получимъ:

$$n = \frac{Q}{f} \, \frac{3L^3}{6,301440\, a^3 b},$$

гдѣ a, b и L выражены въ дюймахъ.

Отношеніе $\frac{f}{Q}$, выражающее осадку рессоры на единицу вѣса, называется гибкостью рессоры (flexibilité d'un ressort, Biegsamkeit der Feder).

Изъ выраженія (9) видно, что f, при однѣхъ и тѣхъ-же величинахъ a, b, L и n и при различныхъ Q есть величина постоянная, слѣдовательно при равныхъ увеличеніяхъ Q рессора будетъ сгибаться равномѣрно. До сихъ поръ мы предполагали, что всѣ рессоры плоскія, но въ практикѣ имъ даютъ обыкновенно форму нѣсколько изогнутую; такая рессора, при дѣйствіи на нее груза, будетъ изгибаться совершенно подобнымъ образомъ, какъ и плоская и только самое напряженіе, выраженное удлиненіемъ, которое существуетъ при

ствованія рессоры изъ листовъ выше въ крайней, обязаны сопротивляться и наибо- ломъ, если мы рессору расширяющейся.

Выгоды такой формы рессоры состоятъ въ томъ, что переходъ отъ состоянія къ выпрямленію бываетъ постепеннѣе.

Посмотримъ теперь какъ должно поступить при проектированіи рессоръ.

Во первыхъ слѣдуетъ задаться величиною ε, т. е. гибкостью, соотвѣтствующей назначенію рессоры; такъ напримѣръ для паровозныхъ рессоръ принято, чтобы амплитуды качаній не превосходили 2". Гибкость рессоръ на нѣкоторыхъ паровозахъ Николаевской желѣзной дороги выражается:

для несимметричныхъ отъ 0,0065 до 0,007" нестр.
„ тованныхъ „ 0,0083 „ 0,0100 „

На Ліонской желѣзной дорогѣ гибкость паровозныхъ рессоръ = 0,005, тогда какъ для вагоновъ перваго класса гибкость эта составляетъ 0,060. — Затѣмъ, смотря по роду экипажа, для котораго назначается рессора, задаются длиною листа L. Величина ε у насъ дана, b, ширина листовъ, зависитъ отъ ширины имѣющейся въ распоряженіи полосы литой стали; обыкновенно она дѣлается отъ 3" до 3,5 дюйма.

Кромѣ этого задается такъ называемой стрѣлой фабрикаціи или фабричной, соотвѣтствующей назначенію рессоры. Эта стрѣла есть ничто иное, какъ тотъ прогибъ рессоры, который она должна имѣть при своемъ нормальномъ положеніи, когда грузъ на нее еще не дѣйствуетъ. Для этого задаются грузомъ Q, выпрямляющимъ рессору; этотъ грузъ берется обыкновенно не менѣе 1,3 P и не болѣе $2P$, гдѣ P нормальный грузъ на рессору. Выбравъ желаемую (i) гибкость рессоры, фабричная стрѣла будетъ:

$$F = Qi.$$

Зная F и L, опредѣлимъ R, радіусъ рессоры изъ слѣдующаго выраженія:

$$R = \frac{L^2}{8F}.$$

Остается теперь опредѣлить a, толщину листовъ, такъ, чтобы они, разгибаясь, не превзошли предѣла прочности.

Представимъ себѣ листъ длиною равный единицѣ и толщиною a; если мы знаемъ листъ согнемъ, то ось его не измѣнитъ своей длины, между тѣмъ какъ волокна, лежащія по одну сторону ея удлинятся, а по другую укоротятся на

нѣкоторую величину δ для того, чтобы при выпрямленіи сравняться въ длинѣ съ осью и на основаніи пропорціональности двухъ радіусовъ, будемъ имѣть слѣдующее выраженіе:

$$1 + \delta : 1 = R + \frac{a}{2} : R,$$

или:

$$\delta : 1 = \frac{a}{2} : R,$$

откуда:

$$a = 2\delta R.$$

Предѣломъ для δ считается 0,005 для литой стали и 0,004 для цементной, такъ какъ при таковыхъ удлиненіяхъ стальныхъ листовъ, по опытамъ Лессаля и Филипса, упругость ихъ не нарушается и листы возстановляютъ совершенно свою первоначальную форму. Итакъ, если радіусъ намъ извѣстенъ, то можемъ всегда опредѣлить толщину листовъ такъ, чтобы удлиненіе ихъ, при выпрямленіи рессоры, не превосходило 0,005 или 0,004. Затѣмъ по формуламъ опредѣлимъ число листовъ. Такимъ образомъ мы будемъ знать всѣ размѣры рессоры, удовлетворяющіе достаточной прочности и гибкости.

Разсмотримъ теперь, отъ чего зависятъ качанія рессоры. Пусть сила, дѣйствующая на рессору (пренебрегая вѣсомъ послѣдней) будетъ P, сравнимая

стически F, а стрелка, принимаемая рессорой, при действіи на нее силы P, пусть будетъ f, тогда абсолютный прогибъ рессоры, который мы назовемъ черезъ f', будетъ равняться $F-f$, откуда:

$$i = \frac{f'}{P}.$$

Если, вслѣдствіе внутреннихъ силъ паровоза, произойдутъ качанія, то на рессору, кромѣ силы P, будутъ дѣйствовать еще другія силы, которыхъ равнодѣйствующую назовемъ черезъ Z; пусть прогибъ рессоры отъ своего нормальнаго положенія, при дѣйствіи на нее силы Z, будетъ x, тогда, такъ какъ i величина постоянная, будемъ имѣть слѣдующее выраженіе:

$$i = \frac{x}{Z}.$$

Сравнивая между собой обѣ полученныя формулы для i, получимъ:

$$Z = \frac{x \cdot P}{f'}.$$

На основаніи этихъ данныхъ можемъ составить слѣдующее уравненіе для элементарнаго качанія рессоры:

$$m\,v\,dv = \frac{x \cdot P\,dx}{f'};$$

вставивши сюда вмѣсто m равную ей величину $\frac{P}{g}$ (массу, лежащую на рессорѣ) и интегрируя, получимъ:

$$\int_u^v \frac{g}{p} v \cdot \partial v = \int_0^x \frac{x \cdot \mathcal{P} \partial x}{f'},$$

гдѣ u означаетъ скорость при переходѣ рессоры черезъ свое нормальное положеніе при дѣйствіи на нее силы $\mathcal{P}$!

$$\frac{v^2}{2g} - \frac{u^2}{2g} = \frac{x^2}{2f'},$$

или:

$$\left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)^2 - u^2 = \frac{gx^2}{f'},$$

откуда скорость

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \pm\sqrt{u^2 - \frac{gx^2}{f'}} \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

Изъ этого выраженія видно, что скорость рессоры будетъ наибольшая при переходѣ черезъ ея нормальное положеніе и равна нулю на разстояніи

$$x = u\sqrt{\frac{f'}{g}}$$

въ обѣ стороны отъ нормальнаго положенія, такъ что амплитуда качаній =

$$2u\sqrt{\frac{f'}{g}}.$$

Отсюда ясно, что при всѣхъ прочихъ одинаковыхъ обстоятельствахъ, качаніе рессоры тѣмъ болѣе, чѣмъ менѣе стрѣлка.

Изъ уравненія (a) имѣемъ:

$$\partial t = \frac{\partial x}{\sqrt{u^2 - \frac{gx^2}{f'}}},$$

или:

$$\partial t = \frac{1}{\sqrt{\frac{g}{f'}}} \cdot \frac{\partial\left(\frac{x}{u}\sqrt{\frac{g}{f'}}\right)}{\sqrt{f' - \frac{gx^2}{f'u^2}}},$$

или:

$$dt = \frac{\sqrt{\frac{f''}{g}}\, d\left(\frac{x}{\omega}\sqrt{\frac{g}{f''}}\right)}{\sqrt{1-\frac{g x^2}{f''\omega^2}}},$$

откуда:

$$t = \sqrt{\frac{f''}{g}}\ \arcsin\left(\frac{x}{\omega}\sqrt{\frac{g}{f''}}\right) \ldots (6)$$

Если считать время качанія отъ нормальнаго положенія рессоры, то постоянная величина = 0. Полагая въ формулѣ (6)

$$x = \omega\sqrt{\frac{f''}{g}},$$

опредѣлимъ время одного полукачанія рессоры

$$Q = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{f''}{g}}$$

и время полнаго качанія:

$$2Q = \pi\sqrt{\frac{f''}{g}}.$$

Итакъ мы видимъ, что время одного качанія рессоры одинаково со временемъ качанія маятника, длиною $= f''$ и оно будетъ тѣмъ продолжительнѣе, чѣмъ больше будетъ длина f''.

Разсмотримъ распредѣленіе груза на оси въ паровозахъ и расположеніе подвѣсныхъ рессоръ. Если паровозъ четырехколесный, то распредѣленіе груза на оси, какъ мы сейчасъ увидимъ, не представляетъ затрудненій.

Назовемъ весь грузъ, передающійся посредствомъ рессоръ на оси, черезъ Q, разстояніе его центра тяжести до оси колеса A черезъ a, нагрузку на нее черезъ P

и нагрузку на ось B черезъ P', то для опредѣленія P и P' будемъ имѣть слѣдующія уравненія:

1) $P + P' = Q$

2) $Qd = P'l$,

откуда:

$$P' = \frac{Qd}{l}$$

и

$$P = Q - P' = Q\,\frac{(l-d)}{l}.$$

Слѣдовательно, зная положеніе центра тяжести, разстояніе его до одной изъ осей и разстояніе между колесами, мы всегда можемъ опредѣлить нагрузку на каждую ось.—

Въ томъ случаѣ, когда паровозъ имѣетъ три пары колесъ, вопросъ о распредѣленіи нагрузки дѣлается сложнѣе. Сохраняя прежнія обозначенія данныхъ и искомыхъ величинъ, будемъ имѣть слѣдующія два уравненія:

$$P + P' + P'' = Q \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$Qd = P'l + P''(l + l') \quad . \quad . \quad (4)$$

Очевидно, что эти уравненія тогда только могутъ быть рѣшены, если нагрузка на одну изъ осей будетъ извѣстна (т. е. задана по проекту), такъ напримѣръ если P дано, то:

$$P' = Q - P'' - P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Поставивъ P' въ уравненіе (4), получимъ:

$$Qd = Ql - Pl + P''l',$$

откуда:

$$P'' = \frac{Q(d-l) + Pl}{l'} \quad \ldots (6)$$

Подставивъ P'' въ уравненіе (5), будемъ имѣть:

$$P' = Q - \frac{Q(d-l) + Pl}{l'} - P,$$

или:

$$P' = \frac{Q(l+l'-d) + P(l-l')}{l'} \quad \ldots (7)$$

Итакъ, чтобы возможно было опредѣлить въ этомъ вопросѣ нагрузку на третью ось: При разсматриваніи положенія центра тяжести, [illegible] должна быть [illegible], которая [illegible] и [illegible], ибо въ уравненіи (7) второй членъ [illegible]:

$$Q(l+l'-d) = (l'-l)P,$$

откуда имѣемъ:

$$Qd = (l+l')P''$$

$$Q = P + P''.$$

Эти три уравненія представляютъ зависимость между величинами P, P'', Q, l, l' и d въ томъ случаѣ, если средняя вѣсъ поплавка не нагружена. Это предположеніе можно реализовать на практикѣ [illegible], [illegible] средняя рессора.

Въ паровозахъ, [illegible] [illegible], [illegible] двумя [illegible] въ первомъ случаѣ. Въ [illegible] [illegible], [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] было [illegible], [illegible] было по возможности [illegible]. [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], т. е. [illegible], [illegible] [illegible] двухъ [illegible] рессоръ.

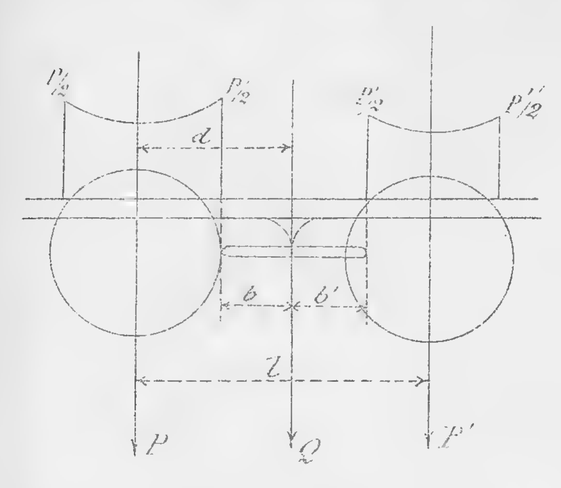
При употребленіи балансировъ въ [illegible] паровозахъ для [illegible] должны быть удовлетворены слѣдующія условія:

$$Q = P + P' \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$Qd = Pl \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Кромѣ того, такъ какъ листы рессоръ одинаковы, то на каждый конецъ

рессоры будетъ приходиться грузъ $=\frac{P}{2}$, и для равновѣсія балансира должно исполнять слѣдующее уравненіе



$$\frac{P}{2}b=\frac{P'}{2}b',$$

откуда:

$$P'=P\cdot\frac{b}{b'} \text{ и }$$

$$P=P'\cdot\frac{b'}{b}$$

На основаніи этихъ равенствъ изъ уравненій (8) и (9) получимъ:

$$Q=P'\left(1+\frac{b'}{b}\right)$$

$$P'l=P'\left(1+\frac{b'}{b}\right)d,$$

откуда:

$$d=\frac{l.b}{b+b'}.$$

Слѣдовательно равновѣсіе при такихъ балансирахъ возможно только при извѣстномъ положеніи центра тяжести. Ясно, что такое расположеніе не можетъ имѣть смысла для паровозовъ тендера, центръ тяжести которыхъ измѣняется въ зависимости отъ количества топлива и воды. Посмотримъ, что будетъ, если балансиры будутъ рас-

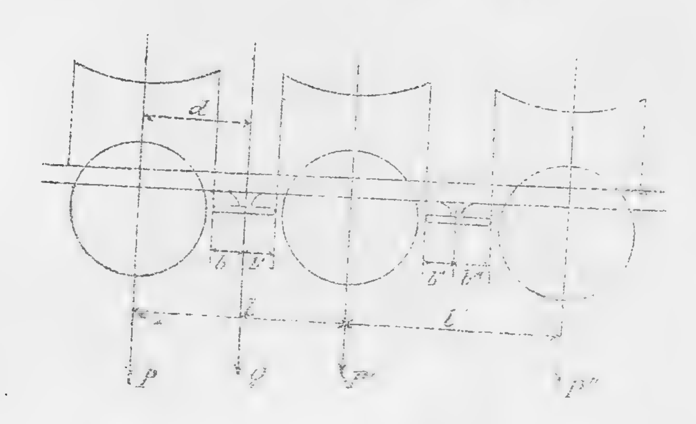
плечамъ въ шести-колесномъ паровозѣ.

$$G = P + P' + P''$$

$$Gd = P'l + P''l'$$

$$\frac{P}{2}b = \frac{P'b'}{2}$$

$$\frac{P'b''}{2} = \frac{P''b'''}{2}$$



Въ этомъ случаѣ опять приблизительно будетъ существовать только при извѣстныхъ отношеніи.

При измѣненіи въ одно-время положенія центровъ тяжести пружинъ вполнѣ но этимъ, именно:

$$G = P + P' + P''$$

$$Gd = P'l + P''l'$$

$$\frac{P'b}{2} = \frac{P''b'}{2};$$

откуда, подставляя значеніе получаемъ:

$$Gl = P'l + (G - P - P')l'$$

$$P'' = P'\frac{b}{b'}$$

$$G(d - l') = P'(l\frac{b}{b'} - l' \cdot l'\frac{b}{b'})$$

Этимъ уравненіемъ и разрѣшается задача опредѣленія нагрузки на каждую изъ осей. Заключаемъ кромѣ того, что въ этомъ случаѣ

равновѣсіе можетъ существовать при различныхъ положеніяхъ центра тяжести, а величина d есть функція отъ груза.

Поэтому въ шести-колесныхъ паровозахъ надо помѣщать одинъ только балансиръ (между среднею и заднею осями), а въ восьми-колесныхъ два балансира — между переднею и второю, между четвертою и третьею осями. — Если бы мы захотѣли выполнить условіе, чтобы $P = P'$, то необходимо всегда балансиръ сдѣлать равноплечный, что видно изъ уравненія:

$$\frac{P}{2} l = \frac{P'}{2} l'.$$

Другія рессоры, какъ цилиндръ Брауна, Бельвиля или спиральныя рессоры служатъ только для буферовъ.

Рессоры Брауна состоятъ изъ стальныхъ полосъ, имѣющихъ въ поперечномъ сѣченіи форму эллипса. Устройство коническихъ винтовыхъ рессоръ выясняется изъ чертежа (см. стр. 267-269 л. 17). Онѣ употребляются для устройства буферныхъ рессоръ; для этого дѣлается чугунный цилиндръ, на днѣ котораго помѣщается рессора и все прикрывается крышкою къ рамѣ. Въ этотъ цилиндръ входитъ другой цилиндръ, который

при не полномъ сжатіи рессоры при-
касается къ ней. Затѣмъ когда обѣ ци-
линдра и рессора [illegible]
[illegible]. Все это устрой-
ство показано на фигурахъ 77 и 78, таб. 1[illegible].

Хотя рессоры эти довольно упруги,
но не выдерживаютъ большихъ нагруз-
ки.

<u>Рессоры Бельвиля</u> (Т6; фиг. 27) состо-
ятъ изъ <u>дисковъ</u>, имѣющихъ въ общемъ
видѣ форму усѣченнаго конуса. Каждый
дискъ состоитъ изъ стальнаго листа
съ подрѣзомъ [illegible], что даетъ
довольно большое сопротивленіе. Нѣсколько
такихъ дисковъ, положенныхъ одинъ на
другой, какъ показано на чертежѣ, со-
ставляютъ рессору. Эти рессоры хороши
тѣмъ, что онѣ обладаютъ большой сжи-
маемостью, имѣютъ еще [illegible]
принадлежащее [illegible], которое состо-
итъ въ томъ, что если давленіе на
рессору превзойдетъ нормальное, то рес-
сора отъ этого не лопнетъ, а только
сожмется и [illegible]
[illegible] цилиндра (Т6, ф. 28 и 29). Тео-
рія этихъ рессоръ еще въ [illegible]
не выяснена, [illegible]
практически [illegible]
[illegible].

1) [illegible]

[illegible] приблизительно внутренней ширинѣ [illegible].

2) Наружный діаметръ шкива [illegible] по формулѣ:

$$D = 0,08 + 0,006 N,$$

гдѣ N [illegible] въ тоннахъ; а D – въ сантиметрахъ.

3) Ширина шкива V опредѣляется изъ выраженія:

$$V = \frac{1}{7.75} D.$$

4) b – [illegible], [illegible] отъ $\frac{1}{10}$ V до $\frac{1}{8}$ V.

5) [illegible] отъ $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{8}$ V = b.

[illegible] = $\frac{1}{8}$ [illegible]

[illegible]

__[illegible]__ [illegible]: 1) [illegible], 2) [illegible]

[illegible]

частью напрессовываются на ось гидравлическимъ давленіемъ помощію особаго механизма и затѣмъ скрѣпляются со ступицами помощью стальныхъ клиньевъ (шпонокъ или клинъ вставляется слѣдомъ на насадки колеса и затѣмъ колеса насаживаются), вгоняемыхъ въ отверстія, сдѣланныя, какъ въ ступицахъ, такъ и въ самой оси. Въ концахъ части, гдѣ насаживается колесо, ось имѣетъ заплечики, которые препятствуютъ сдвиганію колеса; иногда же этихъ заплечиковъ вовсе не дѣлаютъ.

Шейки, служащія опорами машинной рамы, на осяхъ бываютъ внутреннія, или внѣшнія, смотря потому, въ какомъ положеніи находятся рамы относительно колесъ; въ первомъ случаѣ (т.е. когда рамы внутреннія) діаметръ ихъ одинаковъ съ діаметромъ оси въ ступицѣ и отдѣльной части оси; при этомъ шейки имѣютъ по два заплечика, изъ которыхъ одинъ, служащій для удержанія въ неизмѣнномъ положеніи подшипника смазочной коробки, общій съ этою частью оси, гдѣ насаживается колесо (Т.15, ф.79, 80, 81, 82, 83 и 84). Во второмъ случаѣ (т.е. когда рамы внутреннія) діаметръ шеекъ дѣлается меньше діаметра въ ступицы и остальной части оси (Т.16, фиг-

рис 90, 91 и 92).

Мелкимъ шипамъ должно давать такой діаметръ, чтобы давленіе, передающееся на каждый квадратный дюймъ ихъ поверхности не превосходило 300 или 400 фунтовъ.

Ведущая ось паровоза, приводимая въ движеніе паровой силой посредствомъ шатуна, бываетъ прямая или колѣнчатая: первая употребляется въ паровозахъ съ наружными цилиндрами, а вторая въ паровозахъ съ внутренними цилиндрами (Таб. 24, фиг. 138 и 139.)

Колеса состоятъ главнымъ образомъ изъ 1) ступицы, 2) спицъ, 3) обода и шины.

Ступица есть центральная часть колеса (въ которую вставляется ось), она дѣлается изъ чугуна, еще прежде изъ ковкаго желѣза. Спицы дѣлаются изъ желѣза и тѣмъ рѣже изъ чугуна; онѣ располагаются отъ ступицы по радіусамъ къ косякамъ, которыхъ бываетъ столько же, сколько и спицъ. На косяки, сваренные концами между собою и составляющіе такимъ образомъ ободъ, надѣвается шина въ горячемъ состояніи и скрѣпляется съ ободомъ болтами; шина съ одной стороны имѣетъ реборду или закраину, которая играетъ роль направ-

[illegible] конца (Т. 16 ф. 13, 14, 35, 36). [illegible] [illegible] (фигуры 31, 32; Т. 15).

[illegible] буквы Т, [illegible] буквы Т, [illegible] въ [illegible].

[illegible]

ленія въ цилиндръ; толщина его измѣняется отъ 0,04 до 0,06 метра. Шины для ведущихъ колесъ дѣлаютъ изъ литой стали (рис. 93, 94, 95 и 96; таб. 16.)

Тендеръ.

Тендеръ есть экипажъ, въ которомъ помѣщаются всѣ необходимые для движенія паровоза, какъ-то: топливо, вода, инструменты, смазывающія вещества и проч. Тендеръ сцѣпляется съ паровозомъ посредствомъ особеннаго механизма, который былъ описанъ въ статьѣ о рамѣ.

Въ послѣднее время устраиваютъ паровозы, несущіе съ тендеромъ воду и уголь; это такъ называемые паровозы-тендеры. Въ паровозахъ Энгерта тендеръ хотя и представляетъ цѣлый экипажъ, но входитъ въ составъ самаго паровоза. Здѣсь мы будемъ говорить только о тендерахъ, какимъ образомъ онъ устраивается и какъ устраиваются его тормаза.

Новѣйшіе тендеры, принятые въ Франціи, вмѣщаютъ въ себѣ отъ 5 до 8-ми кубическихъ метровъ воды и помѣщаютъ отъ 1 до 3,5 тоннъ угля.

При тендерѣ всегда находится

тормазъ, дѣйствующій на двѣ или три пары колесъ. Соединеніе тендера съ вагонами производится посредствомъ такого же натяжнаго винта, какъ и соединяющій паровозъ съ тендеромъ и сверхъ того двумя предохранительными цѣпями, которыя должны висѣть совершенно не натянутыми. Для устраненія толчковъ между тендеромъ и вагонами помѣщаются двѣ пары буферовъ. По обоимъ концамъ тендера помѣщаются коробки для помѣщенія инструментовъ и другихъ необходимыхъ принадлежностей. Разсмотримъ подробнѣе отдѣльныя части тендера.

1) Ящикъ или резервуаръ для воды. Онъ обыкновенно имѣетъ форму, показанную на (ф. 97, 98, 99, 100 - Т 17; ф. 101, 102, 103, 104 - Т 18); его стѣнки плоскія, вертикальныя; стѣнки, составляющія собственно резервуаръ, дѣлаются изъ листоваго желѣза, котораго толщина измѣняется въ предѣлахъ отъ 0,003 метра до 0,005 метра; въ углахъ эти листы соединяются уголками и заклепками. Вертикальныя стѣнки, для того, чтобы онѣ не могли прогнуться отъ давленія налитой воды, укрѣпляются вертикальными уголками, расположенными другъ противъ друга на нѣкоторомъ разстояніи, которые связаны между собою по двѣ стержнями

пилястрами, образуя поперечныя связи. Точно также укрѣпляется угольками дно въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ оно не упирается въ раму (сверху резервуаръ покрытъ листами въ 0,003 – 0,004 метра толщиной). Верхняя стѣнка резервуара сдѣлана изъ листовъ желѣза въ 0,003 – 0,004 метра толщиной; на ней кладутся вещи небольшаго вѣса, она укрѣпляетъ вертикальныя стѣнки, къ которымъ она прикрѣплена.

Высота водяного резервуара, обыкновенно бываетъ отъ 0,80 до 1 мет., а; въ приведенномъ нами примѣрѣ (Т.17, ф. 97, 98, 99, 100) вмѣстимость = 6,8 кубическимъ метрамъ. Тендеръ, изображенный на фигурѣ имѣетъ вмѣстимость только 4 кубическихъ метра.

Когда рамы паровозовъ, а слѣдовательно и тендеръ очень низко расположены и кругъ этого колеса должны имѣть довольно большой діаметръ, то часть колесъ входитъ въ самые резервуары, которые въ такомъ случаѣ имѣютъ форму дна, показанную на фигурахъ 97, 98, 99 и 100, таб. 17.

Подковообразная форма придана резервуару для того, чтобы по возможности равномѣрно [illegible] грузъ на всѣ оси; притомъ [illegible] въ средн-

не смотря [illegible] резервуара; [illegible] увеличенія вмѣстимости резервуара будутъ [illegible] сравнительно [illegible] (черт. 11, 102, табл. 18), а если [illegible] образимъ увеличенную толщину листовъ, которые довольно вѣсятъ въ отношеніи къ остальнымъ конструкціямъ; [illegible] только [illegible] увеличенія [illegible].

Некоторые строители предпочитаютъ устраивать резервуаръ отдѣльнымъ и помѣщаютъ его сзади, оставляя свободное мѣсто для помѣщенія топлива; другіе же, наоборотъ, помѣщаютъ резервуаръ съ водой подъ полами тендера, между осями.

Въ обыкновенномъ тендерѣ все пространство между стѣнками резервуара (для воды), служащее для складыванія топлива покрывается листомъ, иногда для увеличенія вмѣстимости его опускаютъ между двумя продольными брусьями рамы; для этой же цѣли ограничиваютъ пространство для топлива съ передней стороны стѣнкой или дверцами, дѣлая при этомъ большей высоты складъ топлива.

Выборъ той или другой системы тендера будетъ зависѣть отъ назначеній, предлагаемыхъ паровозамъ.

Достоинства этого водяного резервуара представляются [illegible] образуютъ стойку, служащую для укрѣпленія различнаго рода предметовъ, какъ напримѣръ инструментовъ, которые лежатъ на тарелкѣ, или флаконовъ съ жидкостью, помѣщающихся въ стаканахъ на водяномъ резервуарѣ. Съ внутренней стороны [illegible] водяного резервуара находятся четыре [illegible], которыми онъ [illegible] во время [illegible], въ случаѣ, если нужно сдвинуть [illegible]. Для предохраненія [illegible] отъ [illegible] съ [illegible], подъ [illegible] находится деревянная подставка или [illegible] весь нижнюю часть [illegible], или [illegible] резервуара.

2) Приспособленія водяного резервуара. Вода наливается въ резервуаръ [illegible] отверстіе, сдѣланное въ задней стѣнкѣ [illegible]; это отверстіе постоянно закрыто для того, чтобы въ него не могли попадать кусочки дуба или другіе какіе нибудь предметы, падающіе на тарелку; сверху отверстіе закрыто крышкою, вращающеюся на шарнирѣ (фиг. 103, 104, Т. 13). Въ это отверстіе вставляютъ кромѣ того особую коническую воронку изъ продырявленной [illegible] снѣгомъ или льдомъ, въ которой задер-

ливаются поэтому всѣ посторонніе ве-
щества, находящіяся въ водѣ, какъ-то:
разнаго рода трава, кусочки дерева, вѣт-
ки и т. п. Въ нижней части заднихъ [illegible] дѣ-
лаютъ для увеличенія мѣста для [illegible]
[illegible] и для уменьшенія отверстій во-
дяныхъ крановъ, обыкновенно дѣлаютъ
два отверстія по заднимъ угламъ ре-
зервуара: [illegible], изъ отверстій, вод-
вигаются до горизонта и образуютъ
прямоугольную форму, въ которой по-
мѣщается сточная воронка.

На передней части водяного резер-
вуара ставятъ одинъ или два ящика
(жестяные или деревянные) для инстру-
ментовъ (фиг. 97, 98, Т17; ф. 101, 102, Т18). Крышки эти
закрываются крючками на замокъ и
прикрѣпляются для предосторожности
къ крышкѣ резервуара.

Наконецъ въ большей части тендер-
ровъ впереди находятся еще два ящи-
ка, куда кладутъ паклю, смазку и
прочія необходимыя вещи (фигуры
97, 98, 99, 100, - Т17; ф. 101, 102 Т18.)

Питательные клапаны помѣщают-
ся на днѣ водяного резервуара, при-
чемъ поддерживаются стержнями, про-
ходящими сквозь крышку резервуара
и снабженными небольшими спиральными ру-
коятками (фиг. 107, 108 Т19). Клапаны для

женъ возвышается надъ дномъ резерву-
ара на 0,05 - 0,06 метра для того, что-
бы соръ, осѣдающій на дно, не могъ по-
падать въ питательную трубу; иногда
съ этою цѣлью клапанъ окружаютъ мѣд-
ной проволочной коробкой. Верхняя окон-
ность клапаннаго стержня имѣетъ вин-
товую нарѣзку и входитъ въ бронзовую
гайку; вращая этотъ стержень за ру-
коятку, можно по произволу измѣнять
клапанное отверстіе. Клапанъ помѣща-
ется въ бронзовой штукѣ (привинченной
болтами къ дну тендера), которая со-
единяется съ питательной трубой,
имѣющей выпускной кранъ; для указа-
нія уровня воды въ резервуарѣ съ внѣш-
ней стороны его находятся два или
три водомѣрные крана такихъ же раз-
мѣровъ, какъ и въ паровозныхъ кот-
лахъ и кромѣ того рейка съ поплав-
комъ. - Рамы тендера устраиваются
подобнымъ же образомъ какъ и въ паро-
возѣ. Рамы, рессоры, оси и колеса тен-
дера устраиваются такимъ же обра-
зомъ какъ и у паровоза только въ мень-
шихъ размѣрахъ.

Тормоза.

Одну изъ важнѣйшихъ, существен-

[illegible] (рис. 103, 104, табл. 18). [illegible]

и другую сторону, совершая движение вертикальнаго направления. Для пояс- [illegible]

[illegible]

[illegible] фиг. 101 и 102, таб. 18 и ф. 109. 110 - Т 19. [illegible]

[illegible]

[illegible]

передающееся на смазочную коробку, действуютъ на нее более или менее разрушительно. Изменённая вторая системы представлена на (фиг. 113, 114 - таб. 20). На фиг. 105, 106 - таб. 19 изображенъ тормазъ для шести-колеснаго тендера; расположеніе его аналогично съ первымъ.

Таблица 21, ф. 115 и 116: видъ сдваивающихъ шатуновъ и соединеніе ихъ съ шипами. Фигуры 117, 118: видъ средней головки сдваивающаго шатуна.

Таблица 25, фигуры 140, 141 и 142 представляютъ соединенія поршневаго штока съ шатуномъ, употребляющимися на русскихъ товарныхъ паровозахъ: ф. 140 представляетъ планъ и разрѣзъ по линіи (I-I); ф. 141 - разрѣзъ по линіи (II-II) и ф. 142 боковой видъ со стороны поршневаго штока.

Фигуры 146, 147, 148, 149 - Т 26; ф. 143, 144 Т 25: соединеніе поршневаго штока съ шатуномъ, употребляющимися на Рейнскихъ товарныхъ паровозахъ: фигура 146 - видъ сверху и сѣченіе по линіи (III-III); фигура 147 - наружный видъ и сѣченіе по линіи (V-V); фигура 148 - поперечное сѣченіе по линіи (IV-IV); фигура 149 - видъ со стороны поршневаго штока; фигура 143а - поперечное сѣченіе по линіи (VI-VII); фигура 144 - видъ внутр-

ренней скользящей поверхности.

Таблица 23, ф. 130, 131, 136 и 137 представляютъ поршень; фигура 131а - сѣченіе по линіи (I-I); фигура 130а - видъ со стороны цилиндра и сѣченіе по линіи (II-II); фигуры 136а и 137а боковой видъ связывающихъ колецъ въ соединенномъ состояніи и свободномъ. Фигуры 134 и 135а - видъ другого поршня: фигура 134 - видъ со стороны цилиндра и сѣченіе, параллельное къ поверхности поршня; фигура 135 - сѣченіе по линіи (III-III-III). Фигуры 133 и 132а - видъ третьяго поршня: фигура 133 боковой видъ и сѣченіе по линіи (VI-VI); фигура 132а - видъ и сѣченіе по линіи (V-V).

Общій ходъ составленія проекта паровоза.

По составленіи проекта желѣзной дороги, когда продольный профиль ея сдѣлается извѣстнымъ, можно приступить къ составленію проекта подвижнаго состава, первое мѣсто въ которомъ занимаютъ паровозы. При этомъ должны быть извѣстны также размѣры движенія по проектируемой дорогѣ и наибольшее разстояніе между точками остановокъ поѣзда. При выборѣ системы

необходимо для проектируемой линіи слѣдуетъ воспользоваться для сего двумя случаями 1) если уклоны и радіусы кривыхъ участковъ не значительно разнятся по всему протяженію линіи, то въ этомъ случаѣ для всей линіи принимаются однообразные уклоны и 2) если уклоны и радіусы кривыхъ какого нибудь участка значительно разнятся отъ уклоновъ и радіусовъ кривыхъ прочихъ участковъ, то при небольшомъ протяженіи этого участка и небольшихъ уклонахъ принимаются всетаки однообразные уклоны для всей линіи, а движеніе по этому участку производится или съ раздѣленіемъ поѣзда на части или посредствомъ прицѣпленія къ поѣзду вспомогательныхъ паровозовъ. При значительномъ протяженіи участка или весьма крутыхъ подъемахъ, движеніе по немъ производится посредствомъ особаго паровоза. Въ томъ и другомъ случаѣ необходимыя данныя для составленія проекта паровоза суть слѣдующія: 1) продольный профиль дороги и планъ ея, 2) грузъ поѣзда, 3) скорость движенія, 4) родъ топлива, 5) размѣры подвижнаго состава и 6) разстояніе между точками остановокъ поѣзда. Данныя эти имѣютъ различное значеніе, смотря по роду движенія: кривыхъ особенно и большихъ уклоновъ

четвертаго) для одной и той же дороги и могутъ опредѣлять разрядъ паровозовъ. Смотря по роду эксплоатацiи, желѣзная дорога можетъ имѣть одинъ или нѣсколько разрядовъ. Если напримѣръ большая линiя имѣетъ большое пассажирское и товарное движенiе, то для нея должны быть устроены пассажирскiе паровозы всѣхъ родовъ (или одни только паровозы большой скорости), товаро-пассажирскiе и товарные всѣхъ родовъ. Для дорогъ съ небольшимъ пассажирскимъ и товарнымъ движенiемъ могутъ быть устроены одни только товаро-пассажирскiе паровозы. На линiяхъ съ большими уклонами могутъ быть употреблены горные паровозы; наконецъ на небольшихъ линiяхъ, поддерживающихъ сообщенiе между большими городами и загородными имѣнiями выгоднѣе всего паровозы-тендеры.

Пусть намъ будутъ извѣстны всѣ поименованныя выше данныя для какого нибудь рода движенiя по желѣзной дорогѣ (напримѣръ для пассажирскаго или товарнаго); зная по продольному профилю наибольшiй уклонъ участка, по которому поѣздъ долженъ проходить и по плану наименьшiй радiусъ кривыхъ на немъ, а также грузъ поѣзда, размѣры подвижного состава и скорость движенiя,

можно легко опредѣлить сопротивленіе, встрѣчаемое поѣздомъ, которое паровозъ долженъ преодолѣть (какъ это было изложено въ статьѣ о сопротивленіяхъ при движеніи поѣздовъ). Зная это сопротивленіе, легко опредѣлить требующееся сцѣпленіе съ рельсами ведущихъ колесъ паровоза, а затѣмъ и самый вѣсъ паровоза, а также и число паръ ведущихъ или сдвоенныхъ колесъ, при данной наибольшей нагрузкѣ на ось паровоза. Пусть сопротивленіе поѣзда будетъ = W килограммовъ, искомый грузъ паровоза x килограммовъ, коэффиціентъ сцѣпленія δ, γ - коэффиціентъ сопротивленія движенію самого паровоза и α - дробь, показывающая какая часть вѣса машины приходится на ведущія колеса (дробь эта измѣняется вмѣстѣ съ системою паровоза), и вообще будетъ извѣстно, что уже по δ даннымъ будетъ опредѣленъ разрядъ паровоза, то для возможности движенія должно быть удовлетворено слѣдующее уравненіе:

$$W^{к.} + \gamma x^{к.} = \alpha x^{к.} \delta,$$

откуда опредѣлится вѣсъ паровоза:

$$x^{к.} = \frac{W^{к.}}{\alpha \delta - \gamma}$$

и нагрузка на ведущія оси $\alpha x \delta$.

Называя наибольшую допускаемую на-

грузку на одну ось паровоза Q килограммовъ (нагрузка эта не должна превосходить при существующихъ размѣрахъ верхняго строенія желѣзной дороги 12-ти тоннъ, или 12 000 килограммовъ), получимъ, что число ведущихъ осей (или сдвоенныхъ) равно $\frac{a^{к.}}{Q\,к.}$. Если отношеніе это и выйдетъ немного больше единицы, то можно перейти предѣлъ нагрузки на ось и сдѣлать ее больше 12-ти тоннъ. Затѣмъ, по правиламъ, приложеннымъ къ статьѣ о разсчетѣ (паровозовъ) паровыхъ машинъ паровоза, опредѣлится площадь поршней, ходъ ихъ, діаметръ ведущихъ колесъ и расходъ пара въ цилиндрахъ. По расходу пара, принимая во вниманіе различныя потери, опредѣлится паропроизводительность котла, поверхность его нагрѣва, размѣры топки, потребленіе топлива и воды, какъ изложено въ статьѣ о паропроизведеніи. По разстоянію между точками остановокъ, гдѣ возобновляютъ запасъ воды и топлива, скорости движенія и расходамъ воды и топлива, опредѣлится вмѣстимость тендера. Размѣры прочихъ членовъ паровоза, какъ-то: золотниковъ, питательныхъ приборовъ, противовѣсовъ, паропроводительныхъ трубъ, предохранительныхъ клапановъ, конуса, дымовой трубы, жаровыхъ трубокъ и т.п.

опредѣляются или по правиламъ, изложеннымъ въ настоящемъ курсѣ или извѣстнымъ изъ курса механики „паровыхъ машинъ". Размѣры рамъ, рессоръ, частей колесъ, осей и т. п. могутъ быть взяты изъ чертежей подходящихъ типовъ паровозовъ и провѣрены разсчетомъ. Для разсчета частей могутъ служить формулы Редтенбахера въ его (Resultaten etc. стр. 267 до 290), а для приблизительнаго опредѣленія частей полезны его же эмпирическія формулы, выведенныя изъ сравненія 18ти типовъ паровозовъ на стр. 290, 291 и 292 (французскій переводъ „Resultaten", въ которомъ размѣры всѣхъ органовъ паровоза выражены въ частяхъ поверхности нагрѣва). Когда размѣры всѣхъ частей опредѣлены, то составляется чертежъ паровоза, придерживаясь общаго расположенія какого нибудь изъ хорошихъ и близко подходящихъ къ проектируемому паровозовъ и принимая во вниманіе разстояніе между крайними осями, обусловливающее длину котла. Затѣмъ остается весьма важная статья опредѣленія положенія осей; прежде всего, смотря по кривизнѣ проходимыхъ паровозомъ кривыхъ опредѣляется разстояніе между крайними осями; если оно выйдетъ очень мало, то должно принять 3 сводныя пары,

между пунктами въ [illegible] или въ [illegible] планѣ. (Надо замѣтить, что другіе ученые и инже- неры [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] въ [illegible] [illegible], въ обыкновенныхъ [illegible] [illegible] при [illegible] (противоположно) не- [illegible] быть [illegible] слѣдующее [illegible]:

1) На [illegible], на которыхъ [illegible] [illegible] не менѣе 1000 метровъ, [illegible] между крайними осями [illegible] быть допущено до 5-ти метровъ безъ осо- быхъ [illegible].

2) При [illegible] не менѣе 500 метровъ [illegible] между крайними осями, противо- положными, не можетъ быть безъ [illegible] [illegible] болѣе 3 метровъ.

3) Когда [illegible] не болѣе 200 метровъ, то [illegible] между крайними, противо- положными осями само собою можетъ быть допу- щено до 2,4 метровъ.

[illegible] [illegible] на [illegible] [illegible] слѣдующія [illegible]:

1) [illegible] [illegible] въ [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] не менѣе 12 минутъ:

[illegible] [illegible] въ $\frac{3}{12}$ [illegible]

" , [illegible] $\frac{8}{12}$ " "

" " [illegible] " $\frac{1}{12}$ " "

2) Товарные локомотивы съ одною парою ведущихъ осей и весящіе выше 18-ти тоннъ:

Нагрузка на переднюю ось $\frac{1}{4}$ полнаго вѣса

" " ведущую, среднюю, 12 тоннъ

" " заднюю " остальное.

3) Паровозы о трехъ осяхъ, изъ коихъ двѣ ведущія:

Нагрузка на свободную ось:

Если она передняя $\frac{5}{12}$ всего вѣса

" " задняя $\frac{1}{12}$ " "

На ведущія оси: остальное.

4) Паровозы, имѣющіе всѣ колеса сцѣпленныя:

Нагрузка на всѣ оси поровну.

Редтенбахеръ даетъ слѣдующія численныя величины:

а) Пассажирскій паровозъ Стефенсона съ ведущею осью, помѣщенною по серединѣ:

Нагрузка на ведущую ось 0,44 полнаго вѣса.

b) Паровозъ Крамптона 0,5 " "

c) Американскій паровозъ съ двумя ведущими осями, одна сзади топочной коробки, другая передъ нею:

Нагрузка на обѣ ведущія оси 0,[illegible] полнаго вѣса.

Распредѣленіе осей согласно этимъ даннымъ производится слѣдующимъ образомъ: прежде всего опредѣляется вѣсъ (*) и центръ

(*) Принимая въ расчетъ воду въ котлѣ и

тяжести всего строенія паровоза, лежащаго на осяхъ; дѣлается это приблизительно, заключая части сложныхъ фигуръ болѣе простыми, близко къ нимъ подходящими; затѣмъ назначаютъ положеніе одной оси или двухъ крайнихъ при данномъ ихъ взаимномъ разстояніи; дальнѣйшій ходъ разсчетовъ отличенъ для разныхъ системъ:

1) Паровозъ Крамптона съ двумя поддерживающими осями (черт. (6) стр. 269)

Здѣсь ведущая ось помѣщается сейчасъ же за топкою; мѣсто передней оси обусловливается тѣмъ, что разстояніе между крайними осями не должно превосходить 5^ти метровъ, слѣдовательно $x + y = L$ (для кривостей) извѣстно. Пусть также извѣстны P_1 и P_2, то x опредѣлится изъ уравненія:

$$aQ = P_1 x + P_2 (x + y) = P_1 x + P_2 L,$$

откуда

$$x = \frac{aQ - P_2 L}{P_1}.$$

Такимъ образомъ положеніе средней

топливо въ топкѣ. Придерживаясь формъ существующихъ паровозовъ, вычисленный здѣсь центръ тяжести довольно близко къ опредѣленному выше мѣсту x, если ось будетъ ведущею, то въ [illegible] ведущей [illegible] надо [illegible] [illegible] обоихъ осей.

[illegible] и будетъ отстранено.

2) Паропроводъ съ [illegible] стороны котла, идетъ кверху спирально-вертушкой. (черт. (С) стр. 26?)

1. Въ этомъ паропроводѣ, который [illegible] раздѣленіи между [illegible] (x + y = L), [illegible] ось можетъ быть [illegible] достаточнаго калибра или меньше того (такъ можно было въ ней, чтобы уменьшить [illegible] (*). [illegible] на всѣ же такіе [illegible] ([illegible]). Здѣсь [illegible] при [illegible]:

$$\mathfrak{M} = \frac{\mathfrak{P}}{2}(x + y) + \mathfrak{P}x,$$

откуда:

$$x = \frac{\mathfrak{M} - \frac{\mathfrak{P}}{2}L}{\mathfrak{P}}.$$

Если [illegible] такого сѣченія, то въ опредѣленіи этихъ будетъ [illegible] разница, что давленія на обратные [illegible] будутъ равны; почти такое размѣщеніе [illegible] въ симметричныхъ паро-водахъ.

3) Въ паропроводахъ съ [illegible] изгибами, начиная [illegible] два равныхъ [illegible] -

---

(*) Если при этомъ [illegible] верхней части будетъ очень велика, то должно укоротить [illegible], [illegible]; [illegible] вниманіе [illegible], чтобы [illegible] не были [illegible] можно больше [illegible].

жду собою; всѣ колеса большею частью помѣщаются подъ цилиндрической частью котла и крайнія оси должны быть по возможности ближе помѣщены къ топочной и дымовой коробкамъ, такъ что и здѣсь разстояніе между крайними осями также дано и пусть оно $= l$ (черт. (d) стр. 269):

$$aQ = p(x) + p(x + y) + p(l),$$

или такъ какъ $Q = 4p$, то

$$4a = x + x + y + l,$$

или:

$$4a - l = 2x + y.$$

Изъ этого уравненія можно опредѣлить x и y удобно для размѣщенія колесъ извѣстнаго діаметра. Вообще во всѣхъ случаяхъ, если разстояніе между осями выйдетъ таково, что колеса даннаго діаметра не помѣстятся (т. е. что сумма радіусовъ двухъ смежныхъ колесъ болѣе разстоянія между ихъ осями), то размѣщеніе осей должно измѣнить сообразно съ діаметромъ колесъ, измѣняя по возможности въ то-же время и размѣщеніе частей паровоза, чтобы соблюсти по сколько можно правильное распредѣленіе груза на оси. — Въ крайнихъ случаяхъ можно увеличить нагрузку до 13 тоннъ на ось, но больше его увеличивать нагрузку будетъ уже вредно для пути.

стіи пути. — Небольшія неправильности въ распредѣленіи нагрузки на оси, если бы оно оказалось по окончательной установкѣ паровоза на колеса (что всегда и бываетъ) могутъ быть исправлены подтягиваніемъ рессоръ, какъ это будетъ изложено ниже.

Объ управленіи паровозомъ.

Прежде употребленія въ работу новаго или капитально исправленнаго паровоза, должно испытать его пробными поѣздками въ 15 или 20ти верстъ.

Предварительный осмотръ. Паровозъ, назначенный для поѣздки съ поѣздомъ, осматривается предварительно машинистомъ; причемъ обращается особое вниманіе:

1) На [illegible] [illegible]

2) На смазочные приборы, [illegible] ли они наполнены, [illegible] ли въ нихъ [illegible] [illegible];

3) На чеки, гайки, шатуны и т. п. Они должны быть ввинчены не сильно, чтобы не было большого тренія, чтобы тоже не были слабы; чтобы чеки и винты не выпадали на ходу, а сальники не засорены;

4) На предохранительный клапанъ и контрольную трубку: не засорились-ли они и нѣтъ-ли глубокихъ царапинъ на клапанахъ;

5) На сальники и масленки, наполнены-ли они смазывающими веществами, не засорены-ли каналы, которыми смазки пропускаются между трущимися поверхностями.

Приготовленіе къ поѣздкѣ. Прежде всего наполняютъ паровой котелъ водою черезъ впускной кранъ. Затѣмъ разводится огонь часа за три или за четыре до отправленія и въ тоже время начинается разведеніе пара. Когда упругость его значительно подымется, то машинѣ даютъ ходъ, какъ для испытанія ея исправности, такъ и для накачиванія воды въ котелъ; во время этой поѣздки продувные краны цилиндровъ отворяютъ. Не менѣе какъ за 1/4 часа до отъѣзда машина должна быть сцѣплена съ поѣздомъ, затѣмъ машинистъ долженъ справиться о величинѣ поѣзда и снова смазывать самъ всѣ части и вообще приготов-

имѣетъ къ исправному отъѣзду по сигналу, который дается завѣдывающимъ поѣздомъ (у насъ оберъ-кондукторомъ).

Отъѣздъ сопровождается двумя главными явленіями:

1) Переводомъ ходового рычага впередъ или назадъ, смотря потому, какъ приходится ѣхать, и

2) Открытіемъ регулятора; его не должно вдругъ открывать, потому что отъ этого происходитъ сильный толчекъ, и кромѣ того ведущія колеса могутъ начать боксовать; кромѣ того при сильномъ открытіи регулятора, машина можетъ много выбрасывать изъ трубы воду, накопившуюся отъ сгустившагося пара. Итакъ при отъѣздѣ должно открыть немного регуляторъ и дать мятому пару свободный выходъ, открывъ кранъ. Въ такомъ положеніи проходятъ всѣ переѣзды и стрѣлки и вообще должно такъ распорядиться, чтобы на проѣздъ первыхъ двухъ верстъ употребить 5 или 6 минутъ.

<u>Во время ѣзды</u> между станціями должно соблюдать:

1) Чтобы ходъ машины былъ правильный, ровный, чтобы машина не рвала вдругъ. При этомъ скорость ѣзды [illegible] согласоваться съ вѣсомъ, дви

нымъ для проѣзда отъ станціи до станціи;

2) Чтобы давленіе пара, стояніе уровня воды и сила огня были постоянны. Поэтому прибавка воды и топлива должна производиться малыми количествами, а не тогда, когда именно оказывается недостатокъ въ нихъ; и какъ обѣ эти прибавки производятъ уменьшеніе упругости пара, поэтому не должно ихъ производить обѣ заразъ или передъ въѣздами на подъемы, или передъ самымъ отъѣздомъ.

3) Нужно стараться никогда не затруднять машину работою, — она должна свободно работать. Для этого, если бы сравнительно съ работою машины оказалось мало воды, то и пару должно расходовать меньше, а для этого регуляторъ слѣдуетъ притворить (чтобы его отверстіе сдѣлалось меньше) и уменьшить скорость хода.

4) Должно обращать особенное вниманіе на правильное питаніе котла, особенно если нужно производить сильную работу, потому что неправильное употребленіе крана влечетъ за собою пониженіе давленія и уменьшеніе скорости движенія поѣзда. Чтобы избѣг-нуть [illegible]

полезную работу, нужно стараться, чтобы паръ входилъ въ цилиндры безъ особыхъ сопротивленій и чтобы не расходовать понапрасну свѣжаго пара. Этого достигаютъ большимъ отверстіемъ регулятора и возможно большимъ поднятіемъ спускной дуги ближе къ серединѣ, дабы паръ дѣйствовалъ по возможности расширеніемъ.

На сколько нужно передвинуть тотъ или другой рычагъ опредѣляется для каждой машины послѣдовательными пробами, производимыми машинистами на ходу. Во время ѣзды паровоза встрѣчаются три слѣдующіе случая относительно производимой ими работы:

1) Работа должна быть самая большая, какъ-то: при входѣ на подъемъ, въ случаѣ тяжелыхъ поѣздовъ, въ случаѣ движенія по крутымъ кривымъ, въ случаѣ дурнаго состоянія рельсовъ, сильнаго противнаго вѣтра и когда поѣздъ опоздалъ и нужно ускорить ходъ до станціи. Во всѣхъ этихъ случаяхъ нужно уменьшить сопротивленіе входу пара въ цилиндры и увеличить время входа пара. Сверхъ того уменьшить всѣ обстоятельства, могущія увеличить безполезность сопротивленія, какъ-то: не накачивать

воды въ паровой котелъ, не подбрасывать топлива и не усиливать отверстія для входа пара. Въ случаѣ входа на большие подъемы должно поступать слѣдующимъ образомъ:

а) За двѣ или за три версты отъ подъема набрасывать топлива полную печь, затѣмъ накачиваютъ воды въ котелъ столько, чтобы можно было съ этимъ запасомъ подняться на весь подъемъ;

в) вообще вышесказанныхъ распоряжаться такъ, чтобы передъ самымъ вступленіемъ на наклонную плоскость поѣздъ имѣлъ полную скорость; печь вполнѣ нагружена; топливо все объвачено пламенемъ; горизонтъ воды на столько поднятъ, чтобы при наклонномъ положеніи паровоза прогарныя трубки не открывались съ одного конца, но притомъ должно оставаться также достаточно мѣста для пара;

с) открывать болѣе регуляторъ, уменьшить степень расширенія пара и увеличить отверстіе конуса, закрыть клапаны питательнаго насоса и закрыть дверцы и проч. крышки поддувала, чтобы не допустить въ топку холоднаго воздуха. Если подъемъ болѣе 4 или 5 верстъ, то необходимо подда-

бить воды и топлива, не это противо-рѣчитъ вообще возможно и не одной опе-раціи вредно, даже не спустить цѣну частей машины.

2) Работа должна быть наименьшая, когда начинаютъ поѣздъ спус-каться по склону и теперь идетъ вслѣдъ поѣзда. При этомъ необходимо увеличить степень расширенія, придавая отсѣчную дугу къ середину и притворяя регуляторъ. А такъ какъ при такомъ по-ложеніи паропроизводительности при-бора, испареніе будетъ очень сильное, то при этомъ должно пользоваться вре-менемъ для поддержки печи и накачива-нія воды въ котелъ, чтобы въ ближайшемъ помощи [illegible], если до склона отсту-питъ подъемъ. При этомъ [illegible] [illegible] необходимо регу-лировать машину, чтобы она легко под-нималась въ гору. Если бы въ концѣ по-дъема оставался паръ, то выгодно про-пустить его въ тендеръ. Если склонъ отъ 0,008 до 0,013, то здѣсь полезности скло-номъ [illegible] или движенія по-ѣзда, въ этомъ случаѣ необходимо до-тормаживать колесами, не давая ходу само-тормазамъ загружаться.

3) Наконецъ, машина начинаетъ про-изводить обыкновенную работу, въ этомъ

случаѣ должно только наблюдать періодическое накачиваніе воды и нагруженіе печи. При этомъ должно сообразно съ обстоятельствами дѣйствовать регуляторомъ, спусковымъ рычагомъ и краномъ.

Чтобы остановить поѣздъ должно:

1/ запереть регуляторъ,

2/ поставить спусковой рычагъ въ крайнее положеніе и

3/ начать тормозить тендеръ.

Торможеніе производится такъ: сначала сильно затормаживаютъ и когда поѣздъ пойдетъ уже съ малой скоростью, то тормазъ опускаютъ и для окончательной остановки снова тормазятъ. -

Въ поѣздахъ должны тоже заключаться тормаза, на каждыя 12ть паръ колесъ по одному и въ концѣ поѣзда тоже одинъ, ихъ затормаживаютъ лишь по данному сигналу; впрочемъ при хорошемъ управленіи тендернымъ тормазомъ можно избѣгнуть неудобности въ тормазахъ поѣзда. - Разстоянія, на которыхъ начинаютъ тормозить колеса, измѣняется отъ 150 до 600 саженей. Въ обыкновенныхъ случаяхъ, т.е. при 24хъ парахъ колесъ и средней скорости 36ти верстъ въ часъ,

регуляторъ запираютъ на разстояніи около пол-версты до мѣста остановки. Въ случаѣ тяжелыхъ поѣздовъ это разстояніе увеличивается и обратно оно уменьшается при легкомъ поѣздѣ, сильно противномъ вѣтрѣ, шероховатой поверхности рельсовъ и малой скорости или въ случаѣ подъема или очень крутой кривой. —

Если запервъ регуляторъ, машина не можетъ остановиться даже при помощи тормазовъ, то а) ставятъ спусковую дугу на мертвую точку или в) поворачиваютъ паръ.

На промежуточныхъ станціяхъ остановки бываютъ трехъ родовъ:

1) На станціяхъ IV^го^ класса, гдѣ принимаютъ пассажировъ въ теченіи одной или двухъ минутъ;

2) На станціяхъ III^го^ класса въ продолженіи 5^ти^ минутъ (черезъ каждые около получаса ѣзды); здѣсь запасаются топливомъ и водою и въ это время машинистъ осматриваетъ и смазываетъ машину, а кочегаръ нагружаетъ печь, прочиститвъ стѣнку ея, прилегающую къ прогорнымъ трубкамъ; въ это время станціонные рабочіе наполняютъ саломъ подшипники колесъ;

3) Наконецъ продолжительныя остановки, въ теченіе которыхъ исполняютъ всѣ

сказанное во второмъ пунктѣ и кромѣ того приводятся въ исправность нѣкоторыя разстройства механизма машины, если онѣ случились.

Во время этихъ остановокъ можетъ образоваться много лишняго пара, посему необходимо:

а) передъ остановкою накачать побольше воды;

в) прикрыть трубу, чтобы уменьшить тягу и

с) по пріѣздѣ на станцію открыть паропроводные краны въ заборную трубу.

Подъѣзжая къ конечному пункту, надо такъ распорядиться, чтобы остался небольшой запасъ пара, который необходимъ для развода вагоновъ и другихъ небольшихъ разъѣздовъ паровоза. Затѣмъ паровозъ вводится въ стойло паровознаго зданія, тамъ выбрасывается оставшійся огонь, отпускаются рессоры, предохранительный клапанъ и паровозъ оставляется до слѣдующей работы.

<u>Поѣздки съ двумя паровозами</u>: Онѣ дѣлаются при слѣдующихъ обстоятельствахъ:

1) въ случаѣ неожиданнаго сильнаго прилива пассажировъ,

2) если непогода, вѣтеръ, гололедица, морозъ, затрудняющій [illegible]

-никахъ осей, вагоновъ и проч.;

3) если поѣздъ опоздалъ и прибыть на слѣдующую станцію во время не можетъ безъ особой помощи въ пути;

4) если нужно всходить на большіе подъемы.

Вспомогательный паровозъ всегда ставится впереди рабочаго, — позади поѣзда помѣщается вспомогательный паровозъ лишь въ томъ случаѣ, если помощь его ограничивается небольшимъ пространствомъ, назначеннымъ для провоза поѣзда по отдѣльнымъ участкамъ, или особыхъ случаевъ движенія по крутымъ уклонамъ. — Передній же вспомогательный паровозъ долженъ работать сильнѣе рабочаго; онъ начинаетъ работу раньше и машинистъ ведетъ его такъ, чтобы онъ работалъ сильнѣе рабочаго; машинистъ становится на боку паровоза, чтобы второй машинистъ могъ согласовать свои дѣйствія съ дѣйствіями перваго. Сигналы дѣлаются вспомогательнымъ паровозомъ и его регуляторъ закрывается послѣднимъ.

Особые случаи, встрѣчающіеся во время ѣзды.

А. Въ паровозныхъ котлахъ особые случаи

во время хода поѣзда можетъ случиться въ слѣ-дующихъ:

а) Въ случаѣ если чугунная дымовая труб-ка или обѣ ея отверстія засариваются за-стывшими угольками и тяга прекращает-ся.

б) Въ случаѣ прогара всей топочной коробки. Для предупрежденія его употре-бляется въ крайнихъ случаяхъ накладная трубка.

с) Если прогарная трубка растечь не внутри, а въ мѣстѣ укрѣпленія въ стѣнку печи, или дымовой коробки, то это исправляется лишь на станціи, вы-нувъ [illegible].

13. <u>Въ тендерѣ и вагонахъ паровоза</u> глав-ные случаи, могущіе причинить несчас-тіе, суть:

а) Задніе сцѣпленія между паровозомъ и вагонами. Это обстоятельство можетъ случиться: когда главный по-ѣздъ останавливается на весьма короткое время и, не успѣвши придти въ покой, снова начинаетъ двигаться или когда забудутъ отпустить тормоза вагоновъ; или когда не замѣтятъ при выѣздѣ изъ боль-шихъ [illegible] семафоровъ, сигнальщиковъ, звонковъ, и тѣ непредвидѣнное на станціи. Послѣднее обстоятельство осо-бенно вредно въ сочиненіи паровоза съ

тендеромъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ должно увеличить скорость машины, чтобы поѣздъ не нагналъ ее и затормозить поѣздъ. Когда онъ остановится машина подъѣзжаетъ къ нему заднимъ ходомъ, сцѣпится снова и поѣздъ можетъ продолжить ѣзду.

б) Порча колесъ. Она можетъ быть трoякая:

1) Раздробленіе шины узнается глухими, дребезжащими ударeніями при вступленіи колеса на стыкъ; выбрасываніемъ мелкихъ кусочковъ металла обода и неровнымъ, качающимся ходомъ экипажа. Въ этомъ случаѣ остановка поѣзда необходима и если окажется возможнымъ, то поѣздъ медленно доѣзжаетъ до станціи.

2) Сходъ шины съ обода обыкновенно причиняетъ сходъ съ рельсовъ.

3) Переломъ или трещина во втулкѣ. Предупреждается нагонкою бугеля.

4) Переломъ обода или спицы. Поѣздъ останавливается и по осмотрѣ идетъ медленно до станціи.

с) Переломъ оси. Въ этомъ случаѣ продолжать ѣзду въ экипажѣ, въ которомъ сломана ось, рѣшительно нельзя.

Д) Въ дѣйствіи и движеніи машины:

а) Боксованіе колесъ. Оно происходитъ:

1) Отъ несоразмѣрнаго съ силой тя-ги машины груза поѣзда. Въ этомъ слу-чаѣ нужно уменьшить грузъ.

2) Отъ малой нагрузки ведущихъ ко-лесъ. Ее можно увеличить, завинчивая рессоры, но этимъ должно быть умѣ-реннымъ, чтобы не слишкомъ нарушает-ся распредѣленіе грузовъ на колеса.

3) Отъ того, что на ведущее ко-лесо дѣйствіе пара велико. Въ этомъ случаѣ затворяютъ регуляторъ или ставятъ кулисовую дугу на мертвую точку.

4) Отъ скользкости рельсовъ, кото-рую устраняютъ посыпаніемъ песку.

5) Неспокойность паровоза и ваго-новъ производитъ боковую и поперечную качку, а равно и скачки. Объ устраненіи этихъ неудобствъ будетъ сказано ни-же.

6) Сходъ паровоза или вагона - мо-жетъ быть отъ слѣдующихъ причинъ:

1) Отъ ударовъ и столкновеній ва-гоновъ;

2) отъ дурного состоянія пути;

3) отъ препятствій, попавшихъ на рельсы;

4) вообще отъ неустойчивости эки-пажа;

5) отъ порчи важнѣйшихъ частей, и

[illegible] на рельсѣ;

6) отъ недостаточной нагрузки переднихъ колесъ паровоза;

7) отъ неравномѣрности распредѣленія груза въ вагонахъ;

8) отъ быстраго движенія въ кривыхъ частяхъ пути;

9) отъ быстрой остановки головы поѣзда въ то время, когда всѣ прочіе вагоны не затормажены — выскакиваютъ средніе вагоны;

10) отъ медленнаго движенія головы поѣзда и быстрой ѣзды его хвоста въ низкихъ частяхъ дороги, гдѣ за скатомъ слѣдуетъ немедленно подъемъ.

Если сошедшій съ рельсовъ экипажъ не сломится, то:

α) отцѣпляютъ его отъ поѣзда;

β) закрѣпляютъ колеса такъ, чтобы они не вращались;

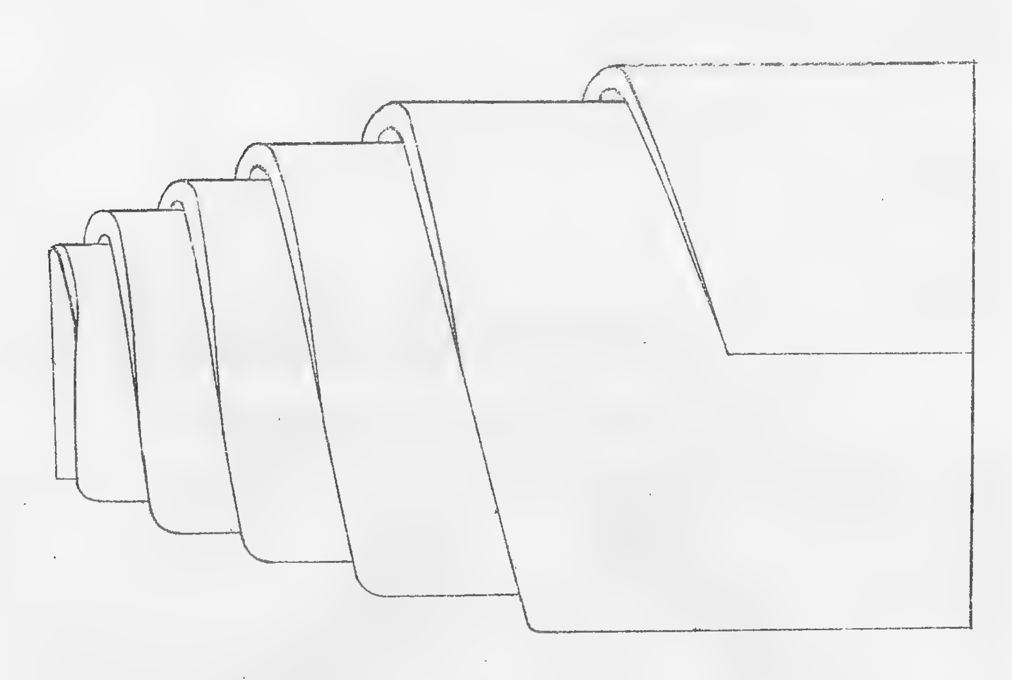
γ) подкладываютъ подъ колеса/ [illegible]/, поднимаютъ экипажъ и вдвигаютъ его на рельсы;

δ) соединяютъ экипажъ съ поѣздомъ и продолжаютъ ѣзду дальше.

Если же экипажъ сломится, то его отцѣпляютъ отъ поѣзда и ѣдутъ дальше.

Если паровозъ, сходя съ рельсовъ, сломится или попортится, такъ что на-

конецъ нельзя далѣе ѣхать, то даютъ знать объ этомъ на ближайшую станцію, высылая при томъ по крайней мѣрѣ за версту сигнальщиковъ, для остановки могущихъ слѣдовать по этому-же пути другихъ поѣздовъ.



Діаметръ основ. .... 6 д.

Высота .... 10 д.

Діаметръ дыры для болта .... 2 д.

Размѣры стальной полосы.

——— ——— ——— Ширина .... $5\frac{1}{4}$ д.

——— ——— ——— Толщина .... $\frac{5}{16}$ д.

Прогибъ .... 4 д.

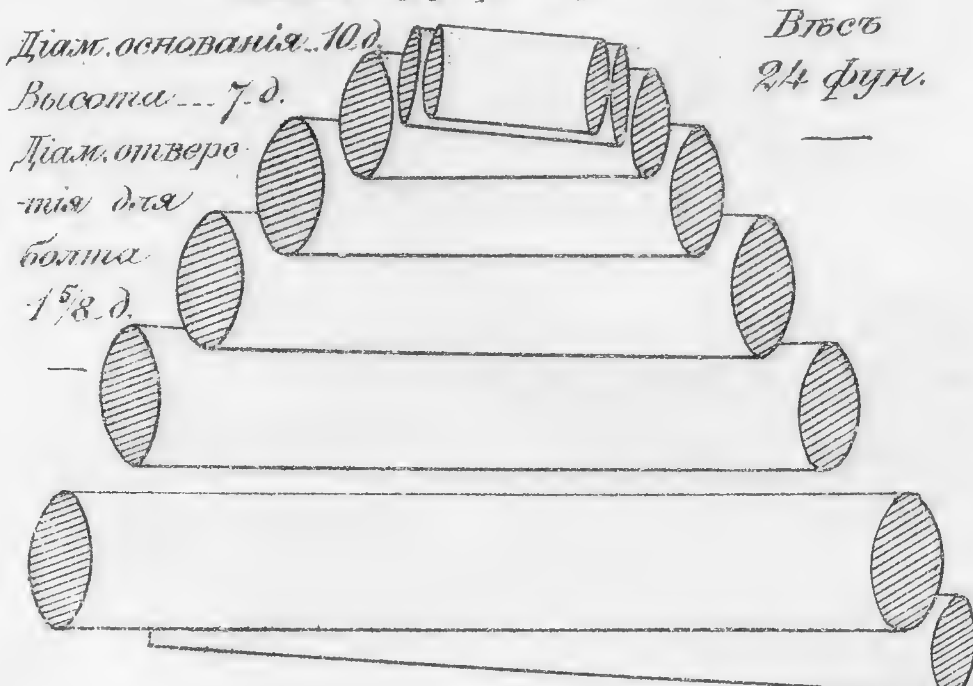
Вѣсъ рессоры .... 25 ф.

Паровозн. буф. рессора :

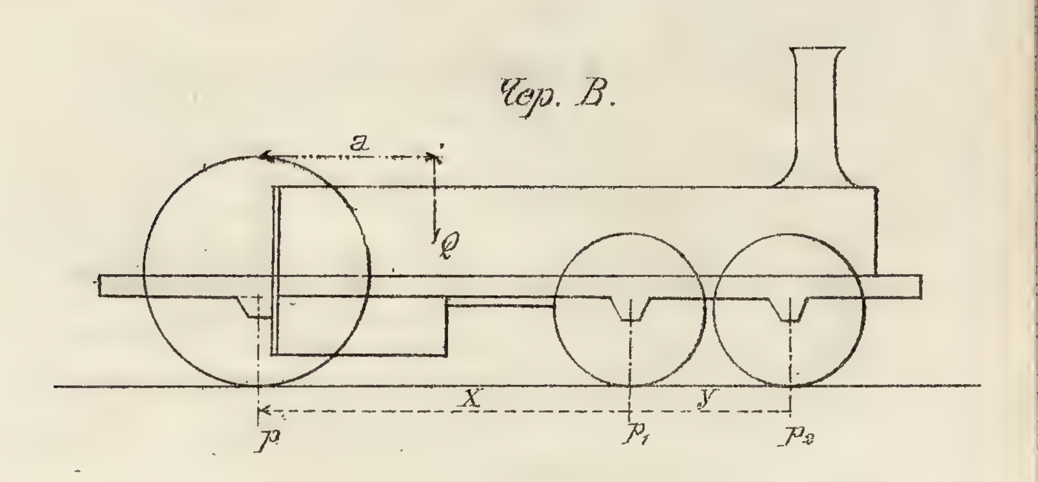
Діам. основанія _ 9 д.
Высота _ _ 6 д.
Діам. дыры - для болта 1 5/8 д.

Вѣсъ 22 ф. англ.

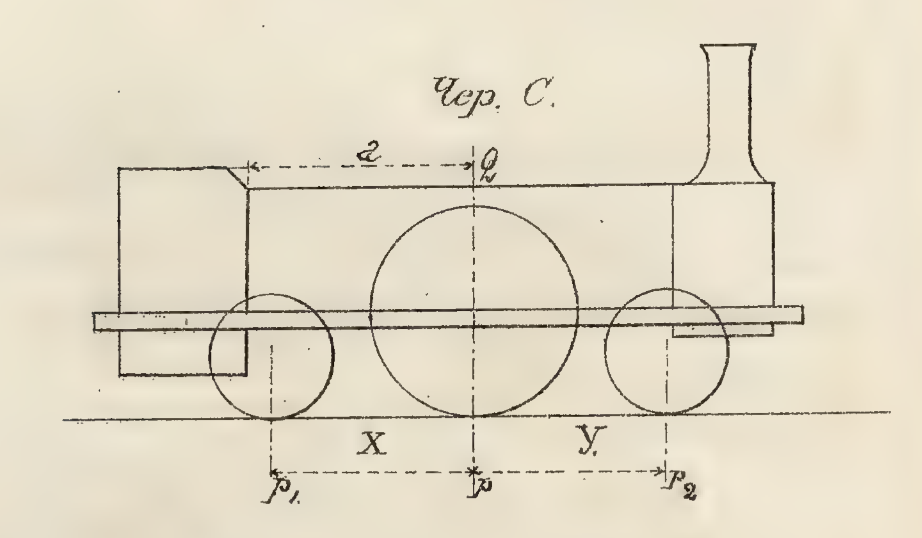
Конич. буф. рессора Брауна.



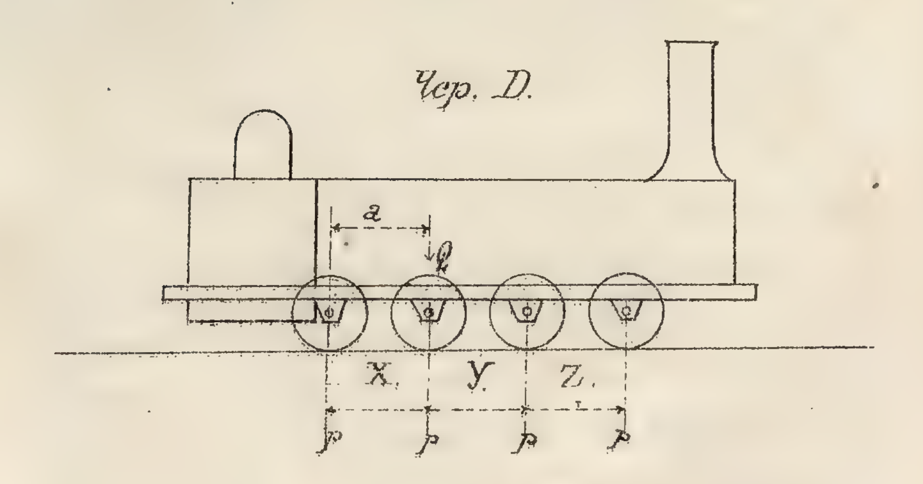
Чер. B.



Чер. C.



Чер. D.



Устойчивость паровозовъ.

Если стоять вблизи отъ пути желѣзной дороги и наблюдать движеніе мимо быстро идущаго паровоза, то будетъ казаться, что движеніе это совершается со всею точностью по направленію рельсоваго пути и притомъ съ совершенно равномѣрною скоростью. Если же, напротивъ, стоять на платформѣ паровоза, то почувствуемъ и увидимъ, что онъ движется вовсе не такъ правильно по направленію рельсовъ, какъ намъ казалось съ первой точки наблюденія, но подверженъ разнороднымъ и сильнымъ сотрясеніямъ, качаніямъ и содроганіямъ; мы будемъ чувствовать, что мѣсто, гдѣ мы стоимъ на паровозѣ, перемѣщается вверхъ и внизъ, вправо и влѣво, впередъ и назадъ, затѣмъ примѣтимъ, что котелъ со всѣми соединенными съ нимъ частями имѣетъ разнородныя прямолинейныя и вращательныя перемѣщенія, и въ особенности, что паровозъ не совершенно точно слѣдуетъ по рельсовому пути, но уклоняется по горизонтальному направленію вправо и влѣво. – Слѣдовательно истинное движеніе

паровоза вовсе не такъ просто, какъ оно представляется наблюдателю, стоящему вблизи дороги, но напротивъ состоитъ изъ весьма многихъ отдѣльныхъ движеній.

Но, чтобы паровозъ вполнѣ соотвѣтствовалъ своей цѣли, нужно, чтобы онъ двигался съ абсолютно-равномѣрною скоростью и притомъ такимъ образомъ, чтобы каждая его точка описывала линію, совершенно параллельную оси рельсоваго пути, ибо при этомъ только движеніе поѣзда не будетъ оказывать никакого дѣйствія на находящихся въ вагонахъ людей или на перевозимые въ вагонахъ предметы. Отклоненія истиннаго движенія паровоза отъ средняго равномѣрнаго составляютъ вредныя нарушенія или возмущенія правильности движенія паровоза, которыя слѣдуетъ по возможности устранять или уменьшать, ибо эти нарушенія разстраиваютъ прочность паровоза и, достигая извѣстной величины, могутъ быть причиною схода его съ рельсовъ. — Для уменьшенія или уничтоженія этихъ нарушеній или возмущеній на практикѣ, необходимо знаніе причинъ и дѣйствительныхъ ихъ проявленій. — Причины эти и обстоятельства эти совершенно опредѣлятся,

если мы выведемъ истинные законы движенія паровоза, на основаніи пра-вилъ механики, что и составляетъ предметъ нижеслѣдующихъ изслѣдо-ваній.

Прежде всего сдѣлаемъ опредѣленіе главныхъ элементарныхъ перемѣщеній, изъ которыхъ составляется истинное движеніе паровоза, эти элементарныя перемѣщенія или движенія суть:

1) <u>Среднее равномѣрное движеніе.</u> Это есть такое равномѣрное движеніе, какое имѣлъ-бы центръ паро-воза, если-бы различныя возмущенія во-все не существовали и если бы въ каж-дое мгновеніе дѣйствующія въ паро-возѣ движущія силы были въ равно-вѣсіи съ сопротивленіями.

2) <u>Періодическое движеніе цент-ра тяжести паровоза.</u> При неиз-мѣняемомъ состояніи движенія, си-ла, приводящая въ движеніе паро-возъ и различныя сопротивленія, при-нимая среднія величины какъ той, такъ и другихъ — находится въ равно-вѣсіи, но не въ каждый моментъ движенія, ибо оба поршня дѣйству-ютъ на мотыли, помѣщенные подъ прямымъ угломъ одинъ къ другому такъ, что статическій моментъ силы, вра-

щающей ось, къ которой прикрѣплены колѣна, имѣетъ періодически измѣняющееся значеніе.

Моментъ этотъ имѣетъ наименьшее значеніе, когда одинъ изъ поршней находится въ концѣ хода, а другой въ то-же время на срединѣ; и наибольшее же значеніе моментъ принимаетъ тогда, когда оба мотыля составляютъ съ направленіемъ хода поршня углы въ 45°. Изъ сего видно, что машина приводится въ движеніе силою, моментъ которой то больше, то меньше момента сопротивленій, почему и скорость движенія должна то увеличиваться, то уменьшаться. Однако подобныя неравномѣрности въ скорости движенія — такъ малы (какъ это показано будетъ ниже) вслѣдствіе большой массы паровозовъ и быстроты съ какою обыкновенно они движутся, что существованіе ихъ можетъ быть открыто только вычисленіями, но никакъ не опытомъ или непосредственнымъ измѣреніемъ.

3) <u>Подергиванія</u>. Массы поршней, ихъ стержней и шатуновъ, а также частей парораспредѣлительнаго аппарата двигаются взадъ и впередъ относительно неподвижныхъ частей паровоза. Вслѣдствіе этого центръ тяжести

всего [illegible] равными бы были періоди-
чески измѣнялись всю [illegible], но такъ по
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] движе-
нія [illegible] не могутъ [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
всего [illegible], что [illegible] ихъ
массъ [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] ча-
стей паровоза. Когда поршни двига-
ются впередъ, то рамки, котелъ и во-
обще всѣ неподвижныя части паровоза
двигаются въ это-же самое время на-
задъ; когда-же поршни двигаются на-
задъ, то рамки и котелъ получаютъ
обратныя перемѣщенія. Если-же поршни
въ одно и то-же время двигаются съ
одинаковою скоростью одинъ впередъ, а дру-
гой назадъ, то котелъ и рамы не полу-
чаютъ никакого движенія. Изъ всего этого
видно, что движенія взадъ и впередъ
массъ поршней, ихъ [illegible], шату-
новъ и т. п. производятъ попеременно-
[illegible] перемѣщенія неподвижныхъ ча-
стей паровоза взадъ и впередъ или
подергиванія.

Точнѣе можно объяснить дѣйствіе
взадъ и впередъ движущихся массъ слѣ-
дующимъ образомъ:

[illegible] [illegible], [illegible] [illegible]

движенія, будутъ въ первой половинѣ хода поршня двигаться съ увеличивающеюся скоростью, а во второй половинѣ — съ уменьшающеюся; но это только тогда возможно, когда силы, дѣйствующія на эти части по противоположнымъ направленіямъ, т. е. давленіе пара на поршень и сопротивленіе шиповъ постоянны, но равны между собою, а именно, когда сопротивленія шиповъ мотылей въ первой половинѣ хода поршня меньше, а во второй больше давленія пара на поршень. Но находящійся въ цилиндрѣ паръ дѣйствуетъ не на одинъ только поршень, но въ то-же время и съ одинаковою силою и на тѣ днища цилиндровъ, между которыми и поршнемъ онъ заключенъ. Вслѣдствіе давленія пара въ каждой изъ обѣихъ машинъ, рамы парохода будутъ подвергаться дѣйствію противоположныхъ, но неравныхъ силъ, равнодѣйствующая которыхъ въ каждую послѣдовательную половину хода поршня будетъ измѣнять свое направленіе то впередъ, то назадъ. Вслѣдствіе этого постоянное стремленіе парохода будетъ отъ дѣйствія пара въ каждой изъ обѣихъ машинъ попеременно перемѣщаться то впередъ, то назадъ и какъ мотыли обѣихъ машинъ состав-

[illegible] между собою уголъ не въ 180°, а въ [illegible], дѣйствіе обѣихъ машинъ на [illegible] паровоза, за исключеніемъ нѣко[illegible] моментовъ времени, взаимно не [illegible]ваются; почему рамы, котелъ и все [illegible] паровоза отъ дѣйствія [illegible], [illegible] попеременно то [illegible] впередъ, то съ увеличивающ[illegible] скорос[illegible] [illegible]ное движеніе. Это возмущеніе движенія паровоза можетъ быть, какъ показали опыты Лешателье, совершенно уничтожено, если къ ведущимъ колесамъ придѣлать особыя массы, центробѣжная сила кото[illegible] уничтожила бы неравномѣрное [illegible]ніе шатуновъ на цапфы мотылей.

[illegible] <u>Боковая качка</u>. Кромѣ этихъ ко[illegible]лебаній, вызывающихся взадъ и впе[illegible] [illegible] причиняютъ еще качатель[illegible]ное, вращательное движеніе паровоза [illegible] вертикальной оси, проходящей че[illegible]резъ его центръ тяжести; это про[illegible]исходитъ отъ того, что давленіе па[illegible]ра на днища цилиндровъ не находится въ равновѣсіи съ давленіемъ шатуновъ на цапфы мотылей относительно вертикальной оси, проходящей черезъ центръ тяжести. Эти силы стремятся вращать паровозъ то въ одну, то въ

[illegible] стороны [illegible]
ній его и решеніи [illegible]
[illegible], [illegible]
Эти вращенія [illegible]
поступательным [illegible]
[illegible]
[illegible], которыя [illegible]
[illegible]
среди [illegible].

Эти [illegible]
совершенно [illegible], [illegible]
[illegible] вокругъ [illegible]
[illegible], [illegible]
[illegible] вращенія [illegible]
[illegible] вправо и впередъ [illegible]
[illegible].

Кромѣ [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
и поддерживающимъ [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

шатунами на направляющія параллели давленій, которыя при переднемъ ходѣ поршня будутъ направлены вертикально вверхъ, а при заднемъ ходѣ — внизъ. Эти колебанія слѣдуютъ весьма сложному закону, ибо точки приложенія давленій мѣняютъ свое мѣсто и самыя величины давленій измѣняются вмѣстѣ съ періодическимъ измѣненіемъ угла наклоненія шатуновъ.

Эти три движенія суть:

5) <u>Вертикальныя поступательныя качанія центра тяжести паровоза.</u> — Вслѣдствіе на рессорахъ строенія паровозъ бываетъ стремительнѣе побуждаемъ къ движенію внизъ вслѣдствіе своей тяжести и вверхъ вслѣдствіе упругости рессоръ и давленій шатуновъ въ точкахъ ихъ сочлененія съ [illegible] (см. направленія давленій). Такъ какъ сила упругости рессоръ [illegible] измѣняется вмѣстѣ съ ихъ прогибомъ, а давленіе шатуновъ измѣняется періодически вмѣстѣ съ ихъ положеніемъ, то вслѣдствіе этого происходятъ поступательныя качанія паровоза по вертикальному направленію.

6) <u>Вращательныя качанія около продольной, горизонтальной оси, проходящей чрезъ центръ тяжести</u>

стоянія паровоза. — Такъ какъ дѣйствующія центробѣжныя силы на [illegible] паровоза вообще [illegible] равновѣсія относительно продольной оси, проходящей чрезъ центръ тяжести паровоза, такъ какъ онѣ періодически измѣняютъ свое направленіе, то вслѣдствіе этого происходитъ качаніе паровоза вправо и влѣво около средней продольной оси. Отъ этихъ качаній колеса паровоза будутъ [illegible] къ рельсамъ то съ большею, то съ меньшею силою и если въ этотъ моментъ времени, когда давленіе на одно изъ переднихъ колесъ будетъ уменьшено, колесо это получитъ толчекъ отъ встрѣтившейся неровности пути, то вслѣдствіе этого можетъ быть сходъ паровоза съ рельсовъ. [illegible] ныя поступательныя [illegible] быть не могутъ, ибо [illegible] [illegible]тено, такъ какъ [illegible] [illegible] а также и [illegible]ніе шатуновъ на направляющія полозья уничтожено быть не можетъ; однако эти возмущенія [illegible] относительнаго расположенія частей

паровоза могутъ быть уменьшены до такой степени, что они уже не будутъ представлять опасности. Какимъ именно способомъ можно достичь этого, будетъ указано впослѣдствіи.

V/ Вращательныя качанія около продольной горизонтальной оси, проходящей черезъ центръ тяжести паровоза. — Такія вертикальныя колебанія передка и задка паровоза не будутъ въ равновѣсіи относительно горизонтальной оси, проходящей черезъ центръ тяжести паровоза, вслѣдствіе чего появятся качанія около этой оси, или попеременныя пониженія и повышенія концовъ строенія паровоза, лежащаго на рессорахъ. Всякій разъ, когда передній конецъ поднимается, давленіе на передніе колеса уменьшается и если въ этотъ моментъ онъ получитъ отъ встрѣчной неровности пути толчекъ вверхъ, то могутъ быть выброшены съ пути и тогда паровозъ сойдетъ съ рельсовъ. Изъ этого видно, что это движеніе очень важно относительно устойчивости паровоза и что его должно по возможности уменьшить; для достиженія его должно соотвѣтственнымъ образомъ располагать части паровоза, какъ это будетъ

показано ниже.

Непосредственное опредѣленіе массъ противовѣсовъ (Таб. 27, ф. 150 и 151)

Массы противовѣсовъ, служащихъ для уничтоженія качаній и подпрыгиваній, могутъ быть прямо опредѣлены слѣдующимъ образомъ:

Движеніе взадъ и впередъ движущихся массъ поршней, ихъ штоковъ и ползуновъ, какъ движущихся, такъ и вращающихся въ горизонтальномъ направленіи будетъ почти тоже, если бы массы эти были прямо приложены къ шипамъ сцѣпныхъ и вращались бы вмѣстѣ съ послѣдними, такъ какъ путь, проходимый этими массами въ горизонтальномъ направленіи почти тотъ же какъ и путь, проходимый шипами сцѣпныхъ въ горизонтальномъ направленіи. Поэтому мы можемъ предполагать, что взадъ и впередъ движущіяся массы сосредоточены въ центрѣ шиповъ сцѣпныхъ имъ соотвѣтствующихъ и вращаются вмѣстѣ съ всѣми вращающимися массами и затѣмъ опредѣлить для всѣхъ вращающихся массъ такія массы противовѣсовъ, центробѣжныя силы которыхъ уравновѣшивались бы съ центробѣжною силою шиповъ и сцѣпленныхъ съ ними

частей.

Сдѣлаемъ разсчетъ для паровоза съ внутренними цилиндрами и сдвоенными колесами, предположивъ притомъ, что сцѣпляющіе мотыли параллельны движущимъ. Сдѣлаемъ слѣдующее обозначеніе:

S вѣсъ поршня, стержня и шатуна, r - радіусъ движущаго мотыля, ω - угловая скорость ведущаго колеса; q - вѣсъ движущаго мотыля, ρ разстояніе центра тяжести движущаго мотыля отъ соотвѣтственной оси, S_1 вѣсъ сцѣпляющаго шатуна, r_1 - радіусъ сцѣпляющаго мотыля, q_1 - вѣсъ сцѣпляющаго мотыля, ρ_1 - разстояніе центра тяжести сцѣпляющаго шатуна отъ соотвѣтственной оси.

Тогда будемъ имѣть:

$$\frac{S}{g}\omega^2 r$$

центробѣжная сила поршня, его стержня и шатуна;

$$\frac{q}{g}\omega^2 \rho$$

центробѣжная сила одного внутренняго движущаго мотыля;

$$\frac{S_1}{g}\omega^2 r_1$$

центробѣжная сила одного сцѣпляющаго шатуна;

$$\frac{q_1}{g}\omega^2 \rho_1$$

центробѣжная сила одного наружнаго

сдваивающаго мотыля(*).

Ясно, что дѣйствіе этихъ центробѣжныхъ силъ можетъ быть уничтожено расположеніемъ на ведущихъ колесахъ двухъ массъ, вѣса которыхъ будутъ B и C на разстояніи ρ по направленію противоположному направленію движущихъ мотылей машины.

Центробѣжныя силы массъ B и C будутъ:

$$\frac{B}{g}\omega^2\rho_2 \quad \text{и} \quad \frac{C}{g}\omega^2\rho_2.$$

Для равновѣсія этихъ шести силъ должно быть удовлетворено слѣдующее условіе равенства ихъ моментовъ относительно оси Ax:

$$\frac{B}{g}\omega^2\rho_2 \times 2l_2 = \left(\frac{Q}{g}\omega^2 r + \frac{q}{g}\omega^2\rho\right)(l_2+l) + \left(\frac{Q_1}{g}\omega^2 r_1 + \frac{q_1}{g}\omega^2\rho_1\right)(l_2+l_1)$$

$$\frac{C}{g}\omega^2\rho_2 \times 2l_2 = \left(\frac{Q}{g}\omega^2 r + \frac{q}{g}\omega^2\rho\right)(l_2-l) - \left(\frac{Q_1}{g}\omega^2 r_1 + \frac{q_1}{g}\omega^2\rho_1\right)(l_1-l_2)$$

Откуда:

$$\left.\begin{aligned} B &= \left(\frac{Qr+q\rho}{\rho_2}\right)\left(\frac{l_2+l}{2l_2}\right) + \left(\frac{Q_1r_1+q_1\rho_1}{\rho_2}\right)\left(\frac{l_1+l_2}{2l_2}\right) \\ C &= \left(\frac{Qr+q\rho}{\rho_2}\right)\left(\frac{l_2-l}{2l_2}\right) - \left(\frac{Q_1r_1+q_1\rho_1}{\rho_2}\right)\left(\frac{l_1-l_2}{2l_2}\right) \end{aligned}\right\} \text{(II)}$$

(*) Здѣсь $\frac{Q_1}{g}\omega^2 r_1$ и $\frac{q_1}{g}\omega^2\rho_1$ должно, на томъ же основаніи какъ и прежде, обозначать центробѣжныя силы всѣхъ сдваивающихъ шатуновъ и мотылей, лежащихъ по одну сторону.

Эти добавочныя B и b зависятъ отъ только дѣйствія частей одной машины паровоза. Для уравновѣшенія же дѣйствія частей другой (лѣвой) машины, в ведущія колеса должны быть вставлены еще добавочныя массы B и b, причемъ масса B должна быть прибавлена къ лѣвому ведущему колесу, а масса b къ правому, по направленіямъ также противоположнымъ направленію мотыля лѣвой машины. Такимъ образомъ дѣйствіе всѣхъ поступательно-движущихся частей паровоза на его устойчивость можетъ быть уничтожено уравновѣшеніемъ массъ B и b при каждомъ изъ двухъ ведущихъ колесъ. Въ правомъ колесѣ масса B должна быть расположена по направленію противоположному мотылю правой машины; масса же b по направленію, противоположному направленію мотыля лѣвой машины. Въ лѣвомъ колесѣ масса B должна быть противоположна мотылю лѣвой машины, а масса b — мотылю правой машины. Получающіяся такимъ образомъ 4 массы B и b, помѣщенныя на одномъ колесѣ, имѣютъ равнодѣйствующую, которая можетъ быть произведена помѣщеніемъ одной нѣкоторой массы Q. Помѣщенная массу Q на этомъ разстояніи ρ отъ оси ведущихъ колесъ

будемъ имѣть по разложеніи силъ:

$$B = Q \cdot \cos\gamma\ ; \quad b = Q \cdot \sin\gamma ,$$

откуда:

$$\left.\begin{aligned} tg\,\gamma &= \frac{b}{B} \\ Q &= \sqrt{B^2 + b^2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (2)$$

Подставляя сюда вмѣсто B и b ихъ величины изъ уравненія (1) и производя сокращенія, будемъ имѣть:

$$tang\,\gamma = \frac{\left(1 - \frac{l}{l_2}\right) + \frac{S_1 r_1 + q_1 \rho_1}{S r + q \rho}\left(1 - \frac{l_1}{l_2}\right)}{\left(1 + \frac{l}{l_2}\right) + \frac{S_1 r_1 + q_1 \rho_1}{S r + q \rho}\left(1 + \frac{l_1}{l_2}\right)} \quad \ldots (3)$$

$$Q = \frac{S r + q \rho}{\rho_2} \sqrt{\left\{ \frac{1}{2}\left[1 + \left(\frac{l}{l_2}\right)^2\right] + \left[1 + \frac{l l_1}{l_2^2}\right] \frac{S_1 r_1 + q_1 \rho_1}{S r + q \rho} + \frac{1}{2}\left[1 + \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2\right] \left[\frac{S_1 r_1 + q_1 \rho_1}{S r + q \rho}\right]^2 \right\}}$$

Практическая величина противовѣсовъ.

Какъ мы видѣли, посредствомъ придачи къ ведущимъ колесамъ противовѣсовъ можно совершенно уничтожить какъ поступательныя продольныя, такъ и вращательныя качанія паровоза въ горизонтальной плоскости, т. е. достигнуть такъ называемаго горизонтальнаго равновѣсія.

Но уничтожая одно вредное явленіе, противовѣсы радіаторовъ, какъ способствующіе горизонтальному равновѣсію, служатъ причиною другого явленія, можетъ быть, еще болѣе вреднаго. Объяснимъ это: если бы центръ тяжести двигающихся взадъ и впередъ частей паровоза не выходилъ изъ одной горизонтальной плоскости во время ихъ движенія, то въ паровозѣ проявились бы одни только горизонтальныя качанія; но центръ тяжести шатуновъ и поршней во время ихъ движенія перемѣщается также вверхъ и внизъ по вертикальному направленію, результатомъ чего будутъ качанія паровоза въ вертикальной плоскости, совершенно подобныя разсмотрѣннымъ нами горизонтальнымъ качаніямъ, но гораздо слабѣйшія, ибо приводящія ихъ массы (шатуны, поршни) будутъ гораздо меньше массъ, производящихъ горизонтальныя качанія (шатуны, поршни, стержни поршней и ползуны поршней).

Для уничтоженія этихъ вертикальныхъ качаній могли бы также служить противовѣсы, что очевидно, но только гораздо меньшей массы, чѣмъ [illegible].

Такимъ образомъ можетъ быть достигнуто вертикальное равновѣсіе

Изъ этого видно, что по произволу можно противовѣсами достигнуть вертикальнаго или горизонтальнаго равновѣсія.

Положимъ теперь, что къ колесамъ придѣланы противовѣсы, соотвѣтствующіе горизонтальному равновѣсію. Если бы оси колесъ были неизмѣнно связаны съ рамами, т. е. подшипники не имѣли бы вертикальнаго движенія въ вилкахъ рамъ и паровозъ былъ бы подвѣшенъ за рамы цѣпями, то при вращеніи колесъ съ противовѣсами, часть массы послѣднихъ (ибо вся масса ихъ болѣе необходимой для вертикальнаго равновѣсія) уничтожала бы качанія, причиняемыя движеніемъ шатуновъ и поршней, а другая часть ихъ массы, не будучи ничѣмъ уничтожена (относительно вертикальныхъ перемѣщеній) вызывала бы ихъ снова; эти вызванныя противовѣсами вертикальныя качанія могутъ быть больше причиняемыхъ движеніемъ шатуновъ и поршней. Это доказалъ нѣмецкій инженеръ Нол-лау въ 1847 году. Онъ подвѣсилъ паровозъ четырьмя цѣпями къ потолку мастерскихъ, прикрѣпивъ его колеса къ винтамъ рамъ. Когда паръ былъ впущенъ въ цилиндры и ведущія ко-

леса стали вращаться, то прекрати-
лись всѣ пертурбаціи, о которыхъ бы-
ло выше говорено, т. е. вертикальныя
и горизонтальныя качанія. При снаб-
женіи ведущихъ колесъ грузами, посте-
пенно увеличиваемыми, замѣчалось
сперва постепенное уменьшеніе и на-
конецъ совершенное уничтоженіе вер-
тикальныхъ качаній. При дальнѣй-
шемъ увеличеніи массъ противовѣ-
совъ уничтожились горизонтальныя
качанія, но за то явились снова
вертикальныя и сильнѣе прежнихъ.

Если же, какъ это бываетъ въ
дѣйствительности, подшипники ко-
лесъ могутъ двигаться въ вилкахъ
рамъ, то избытокъ массы противо-
вѣсовъ, дѣйствуя своею центробѣж-
ною силою, будетъ стремиться пере-
мѣщать колеса по вертикальному на-
правленію вверхъ и внизъ: вверхъ - при
самомъ повышенномъ положеніи цент-
ра тяжести противовѣса, а внизъ -
при самомъ пониженномъ. Но такъ ко-
леса стоятъ на рельсахъ и подверже-
ны нагрузкѣ отъ тяжести паровоза,
то центробѣжная сила, если вверхъ,
будетъ или прижимать колесо къ рель-
су, т. е. увеличивать давленіе его на
рельсъ, или приподнимать, т. е. умень-

[illegible] отъ явленія.

Явленія эти „[illegible] противо-[illegible]“ чрезвычайно вредны [illegible]:

1) Если давленіе [illegible] уменьшено [illegible] [illegible] и если въ [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible], что оно [illegible] [illegible] въ [illegible].

2) Увеличеніе давленія [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]. —

[illegible] [illegible].

[illegible] — [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]; [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] 19. [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

ставили [illegible] на [illegible]
[illegible] [illegible] противовѣсовъ. [illegible]
[illegible] [illegible] отъ ½ до
⅔ [illegible], соотвѣтствующаго [illegible]
[illegible], т.е. [illegible]
[illegible]. [illegible] въ [illegible]
[illegible] противовѣсы, соотвѣтствующіе [illegible] равновѣ-
сію. Въ [illegible], [illegible]
[illegible] противовѣсы соот-
вѣтствуютъ [illegible] равновѣсію,
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible], который бы урав-
новѣшивалъ [illegible]
и [illegible]
[illegible]. Такая величина противовѣса,
какъ [illegible]
[illegible], [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

горизонтальныя подергиванія и качанія не будутъ вполнѣ уничтожены. Впрочемъ качанія около вертикальной оси будутъ ослаблены уменьшеніемъ колесъ переднихъ боковымъ перемѣщеніямъ по рельсамъ, (вслѣдствіе ихъ треніе о рельсы) которое довольно велико, такъ какъ нагрузка должна быть значительна для переднихъ колесъ, какъ это было выше упомянуто, а также употребленіемъ пружинъ буфферовъ и рессоръ.

На лондонской выставкѣ 1862 года былъ паровозъ „Duplex", построенный въ Австріи Гасвелемъ (фиг. 181 и 182, Таб. 34), въ которомъ почти совершенно уничтожены подергиванія и качанія вслѣдствіе движенія поршней и связанныхъ съ ними частей и притомъ безъ употребленія противовѣсовъ. — Въ паровозѣ этомъ съ каждой стороны сдѣлано по два цилиндра, оси которыхъ очень наклонены и пересѣкаются въ центрѣ ведущихъ колесъ. Поршни, соотвѣтствующіе однимъ цилиндрамъ, расположены подъ угломъ 180° (фиг. 156, Таб. 27)

O — ведущая ось

A — палецъ для перваго шатуна

B — „ „ втораго „

Очевидно, что при такомъ расположеніи частей, при всякомъ ихъ положеніи центръ тяжести ихъ не будетъ измѣнять

своего мѣста относительно рамъ, вслѣдствіе чего уничтожаются и сотрясенія неподвижныхъ частей паровоза. — Опытъ далъ самые благопріятные результаты. При испытаніи машины со скоростью 400 оборотовъ колесъ въ 1 минуту (42,75 метра (140,15 футовъ) въ секунду, или 154 километра (144,75 версты) въ часъ) горизонтальныя подергиванія не превосходили 5 m/m (0,039 дюйма). При скорости 85 километровъ (75 верстъ) подергиванія были:

горизонтальныя: въ 0,88 миллиметра и
вертикальныя: " 3,29 (*)

Тогда какъ при той же скорости подергиванія такой же машины, но съ двумя только цилиндрами вмѣсто четырехъ были:

горизонтальныя 6,6 миллиметра и
вертикальныя въ 11,00 "

При такомъ расположеніи одно только устройство мотылей можетъ представить сомнѣнія относительно прочности.

(*) Вертикальныя колебанія гораздо больше горизонтальныхъ, что представляетъ слѣдствіе качаній, производимыхъ какъ вращеніемъ шатуновъ и мотылей, такъ и дѣйствіемъ пара въ цилиндрахъ.

Качанія паровоза, производимыя дѣйствіемъ пара въ цилиндрахъ.

Выше мы видѣли какія качанія производитъ дѣйствіе пара въ цилиндрахъ, именно:

1) Вертикальныя поступательныя (вверхъ и внизъ) качанія паровоза на рессорахъ;

2) Вращательныя качанія около горизонтальной поперечной оси, проходящей чрезъ центръ тяжести паровоза и

3) Вращательныя качанія около горизонтальной продольной оси, проходящей чрезъ центръ тяжести.

Вліяніе на устойчивость паровоза этихъ качаній было объяснено и теперь мы разсмотримъ какимъ образомъ оно проявляется и что можно сдѣлать для его уменьшенія.

Въ паровозахъ мотыли расположены между собою подъ угломъ 90°, такъ что поршни двигаются то по одному направленію, то по противоположнымъ, смотря по положенію мотылей.

Пусть (черт. 157, Таб. 27) Oa будетъ мотылемъ праваго цилиндра, (для наблюдателя стоящаго на паровозѣ и обращеннаго лицомъ впередъ), то мотыль лѣва-

и цилиндра Оа′ постоянно будетъ составлять съ кривошипомъ Оа этого ц. Оа′ прямой уголъ, углы α и α′, считаемые отъ направленія движенія отъ линіи Оm, совпадающей съ осью цилиндровъ, будутъ связаны между собою слѣдующими уравненіями:

$$\sin \alpha' = -\cos \alpha \,;$$

$$\cos \alpha' = \sin \alpha \,.$$

Называя черезъ l длину шатуна, черезъ β — уголъ его наклоненія къ оси цилиндра, черезъ r — радіусъ кривошипа, будемъ имѣть:

$$l \cdot \sin \beta = r \cdot \sin \alpha \,,$$

откуда:

$$\sin \beta = \frac{r}{l} \cdot \sin \alpha \quad \text{и}$$

$$\cos \beta = \frac{1}{l} \sqrt{l^2 - r^2 \sin^2 \alpha}$$

Паръ, работающій въ цилиндрахъ двухцилиндровыхъ машинъ [illegible], производитъ попеременно давленіе то на одну, то на другую сторону поршня, такъ что сначала [illegible] направленное въ одну сторону, а потомъ въ противоположную [illegible] къ кривошипу и [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] къ [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] и къ кривошипу, составляющую [illegible] [illegible], производитъ давленіе или рас-

[illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible].

Предположимъ, что давленіе въ цилиндрическомъ [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], а [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]. [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] *[illegible]*, т. е. со знакомъ (+); [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] *[illegible]*, т. е. со знакомъ (−).

Назовемъ теперь [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] T [illegible] [illegible] [illegible]:

$$T = p \cdot d \quad \ldots \ldots \quad (3)$$

Въ этомъ [illegible], въ которомъ [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] T [illegible] [illegible] [illegible] *[illegible]* (фиг. 158, Табл. 28) [illegible] [illegible] [illegible] T [illegible] [illegible] [illegible] *внутрь* (фиг. 159 Табл. 28) [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] –

щаяся снизу вверхъ, представляетъ давленіе на салазки и на величину равно:

$$P \tang \beta = P\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = Pr\frac{\sin\alpha}{\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\alpha}}$$

Другая сила направлена по оси шатуна и равна:

$$\frac{P}{\cos\beta}$$

Эта последняя составляющая [illegible] и разложится на [illegible] ей равную и параллельную, дѣйствующую на ведущую ось по направленію ее и на пару силъ, плечо которой равно

$$Ok = r \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

и моментъ ея равенъ:

$$Pr\frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos\beta} \text{ или } = Pr\left\{\sin\alpha + \frac{r\sin\alpha\cos\alpha}{\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\alpha}}\right\}$$

Сила [illegible], [illegible] въ [illegible] горизонтальную [illegible]:

$$\frac{P\sin\beta}{\cos\beta} = Pr\frac{\sin\alpha}{\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\alpha}}$$

которая равна и противоположна [illegible] давленію на салазки въ точкѣ m (фиг. 153, Таб. 23) и на горизонтальную составляющую P — — равную и противоположную давленію на [illegible] на поршень.

[illegible] пары въ [illegible] положеніяхъ последовательно:

1) на ось ведущаго колеса давленіе рав-

ніе и противоположно направленное давленіе пара на оба цилиндра и поршень одно-родно, что если двѣ силы уничтожают-ся, производя только напряженіе въ извѣстныхъ частяхъ паровоза.

2. Отъ вращенія колесъ получимъ, производящую вращеніе вокругъ оси и вслѣдствіе искривленія сопротивленія, стремленіе всего паровоза къ равновѣсію; моментъ этой пары силъ равенъ:

$$P\left\{\sin\alpha + \frac{r\cdot\sin\alpha\cdot\cos\alpha}{\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\alpha}}\right\}$$

3. Пара силъ, стремящаяся вращать весь паровозъ около горизонталь-ной поперечной оси, проходящей черезъ центръ тяжести паровоза, силы которой равны P, плечо которой равно:

$$Om = r\cdot\cos\alpha + l\cdot\cos\beta$$

и слѣдовательно моментъ которой равенъ.

$$P\left\{\sin\alpha + \frac{r\cdot\sin\alpha\cdot\cos\alpha}{\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\alpha}}\right\}$$

Такимъ образомъ получится замѣчательное соотношеніе, состоящее въ томъ, что моментъ пары вращающихъ составляющихъ равенъ моменту пары, стремящейся ... При этомъ надо замѣтить, что вращеніе паро-

вертикальной оси, перпендикулярной черезъ центръ [illegible] ельно его, было бы въ этомъ случаѣ, когда паровозъ находится на [illegible] — [illegible] пространства; при этомъ не [illegible] [illegible] [illegible] ихъ рельсовъ, такимъ движеніемъ по- лихъ колесъ (и оси колесъ не могутъ вполнѣ расположиться по вертикальному направ- ленію (что было бы необходимо при вращеніи паровоза около оси, проходя- щей черезъ его центръ тяжести) эти оси колесъ могутъ быть [illegible] по- [illegible] этимъ вращеніемъ, которое и производитъ около этой оси, [illegible] именно которой моментъ вѣса паро- воза будетъ наименьшій, и именно око- ло этой оси, непосредственно передъ ко- торой, считая спереди паровоза, прій- дется центръ его тяжести. Если паро- возъ имѣетъ [illegible] и ведущія коле- са [illegible], то ось ихъ [illegible] и будетъ большею час- тью осью вращенія. Слѣдовательно можно принять, что пара вертикаль- ныхъ силъ будетъ вращать паровозъ око- ло этой [illegible] оси, [illegible] [illegible] будетъ ось [illegible] колесъ.

[illegible]

будетъ нужная для уравновѣшенія силы со- противленія ... силами безпрестанно уничто- жающимися при посредствѣ частей паро- выхъ частей паровоза. Вообще для выра- женія моментовъ пары, вращающей коле- со и момента пары, поднимающей пе- редъ паровоза будетъ для любой сто- роны равно:

$$P \left\{ \cos\alpha + \frac{r \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha}{\sqrt{l^2 - r^2 \sin^2\alpha}} \right.$$

Изъ этого мы видимъ, во первыхъ, что вращеніе колеса производитель- ною силою, величина момента кото- раго измѣняется вмѣстѣ съ угломъ α, а во вторыхъ [illegible], что движеніе паровоза будетъ неравномѣр- но [illegible]. Это мы видимъ вы- ше; [illegible] эта неравномѣрность совер- шенно [illegible], какъ это было при- [illegible]

[illegible], на паровозъ будетъ дѣйство- вать пара вертикальныхъ силъ, стре- мящихся вращать паровозъ спереди назадъ, моментъ которой уравновѣ- шивается частью моментомъ силы паро- вой относительно оси вращенія (напри- мѣръ, [illegible] задней оси), равнымъ произведе- нію [illegible] [illegible] [illegible]. Пара этихъ си-

[illegible] силъ не въ состояніи опроки-
нуть [illegible], но только возбуждаютъ ма-
шинку передних колесъ и тѣмъ самымъ
[illegible] пары [illegible] колесъ [illegible]
[illegible], но и [illegible] [illegible]
передніе колеса приподнимаются, [illegible]
[illegible] [illegible], [illegible] центръ
тяжести паровоза [illegible]
[illegible] колесъ и рессоры [illegible]
[illegible] упругой эластичности,
эти измѣненія [illegible] на треніе
колесъ производятъ [illegible] и [illegible]
паровоза около горизонтальной попереч-
ной оси.

Качанія эти уничтожаются только
эластичностью рессоръ заднихъ колесъ, которыя
препятствуютъ ихъ проявленію. Что-
бы имѣть понятіе о величинѣ этихъ
вертикальныхъ силъ, производящихъ
качанія, можно привести результаты
опытовъ Лешателье, который нашелъ,
что при паровозѣ съ площадью поршня
въ 1134 квадратныхъ сантиметровъ (1,22
квадратныхъ футовъ) давленіемъ паро-
кола 3½ килограммовъ (7,32 фунтовъ)
на 1 квадратный сантиметръ (0,15 квад-
ратныхъ дюймовъ) радіусомъ кривошипа
въ 0,28 метра (0,92 фута) и діамет-
ромъ колеса въ 1,375 метра (4,51 фу-
та). Давленіе на [illegible] измѣнялось

отъ 350 до 740 килограммовъ (21,35 — до 42,70 пудовъ) съ каждой стороны [illegible].

Изъ всего этого видно, что нужно [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible].

[illegible] [illegible], что [illegible] [illegible] [illegible] давленія на [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible].

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] давленія [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible].

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]. Въ [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible] Турбокомпрессоромъ, который [illegible]

1/ [illegible]

a/ [illegible]

b/ [illegible] турбинами; [illegible]

c/ [illegible]

d/ большая [illegible]

e/ небольшая [illegible]

f/ большая ширина [illegible]

g/ большой діаметръ [illegible] колесъ.

2) [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]:

а) [illegible]

в) [illegible]

б) [illegible]

д) [illegible] проводы.

е) [illegible]

ж) [illegible]

[illegible]

[illegible]

и много. Такъ большое число наблю-
деній установитъ вертикальныя движе-
нія не имѣютъ, что видно изъ вы-
раженія этого движенія очевидно."

$$Tg\ \frac{\sin x}{\sqrt{r^2 - \sin^2 x}}.$$

Такимъ [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]. Въ отношеніи же [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] уклоненій, [illegible] [illegible] [illegible].

Выгоды описанныхъ приборовъ очевидны; ибо они [illegible] [illegible] амплитуды качаній. Большой моментъ инерціи [illegible] [illegible] [illegible], что тогда (при данной и той же скорости) число качаній въ единицу времени будетъ меньше, и следовательно и силы [illegible] [illegible] будутъ меньше. [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] амплитудъ качаній; [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] (фиг. 160, Таб. 28) [illegible] [illegible], что тогда

моментъ сопротивленія поѣзда относительно ведущей оси равенъ нулю, если же прицѣпленіе было выше ведущей оси, напримѣръ по линіи cb, то сопротивленіе поѣзда (плечо котораго относительно оси было-бы ab) стремилось-бы вращать паровозъ спереди назадъ, помогая давленію шатуна на салазки. Положеніе цилиндровъ такое, чтобы среднее положеніе соединенія стержня поршня съ шатуномъ приходилось въ поперечной вертикальной плоскости, проходящей черезъ центръ тяжести паровоза, выгодно потому, что при немъ во время одной половины хода вертикальныя давленія на салазки будутъ (въ свободно висящемъ паровозѣ) вращать паровозъ въ одну сторону, во время другой половины хода въ другую, что понятно изъ чертежа (фиг. 160а таб. 28а).

Наконецъ большое разстояніе между крайними осями полезно потому, что въ этомъ случаѣ плечи давленій на колеса, проявляющіяся вслѣдствіе дѣйствія пара, будутъ больше, и потому самыя давленія меньше и притомъ паровозъ, имѣя большое основаніе, вообще, будетъ устойчивѣе.

Центробѣжная сила, проявляющаяся

въ кривыхъ, будетъ имѣть весьма слабое вліяніе на устойчивость паровоза, даже при большихъ скоростяхъ, ибо оно очень мало сравнительно съ вѣсомъ паровоза, притомъ же и вліяніе совершенно можетъ быть уничтожено соотвѣтственнымъ приподнятіемъ наружнаго рельса, какъ это было выше объяснено въ статьѣ о сопротивленіяхъ, встрѣчаемыхъ паровозомъ.

Кромѣ разсмотрѣнныхъ внутреннихъ причинъ неустойчивости паровоза большое вліяніе на правильность движенія имѣетъ еще и большее или меньшее совершенство устройства пути и экипажа паровоза. Разсмотримъ теперь это вліяніе.

1) Форма рельсовъ. Первоначально рельсы дѣлались съ плоскою верхнею гранью, съ уклономъ параллельнымъ оконечности колесъ. Рельсы подобной формы способствуютъ проявленію качаній паровоза около вертикальной оси, проходящей черезъ центръ тяжести паровоза; въ дѣйствительности при такихъ рельсахъ, при нѣсколько неправильной ихъ укладкѣ, чего избѣжать на дѣлѣ невозможно, можетъ случиться, что колеса будутъ прикасаться къ нимъ шинами не по всей площади

верхней грани, а по одному наружному и внутреннему ребру; если случится, напримѣръ, что лѣвое колесо будетъ катиться по наружному ребру (фиг. 161(a) таб. 28), а правое по внутреннему (фиг. 162(b) таб. 28), то кругъ катанія будетъ для перваго колеса меньше втораго и паровозъ будетъ стремиться заворотиться влѣво, что и въ дѣйствительности будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока лѣвое колесо не подымется, а правое не опустится на столько, чтобы круги катанія обѣихъ колесъ сдѣлались одинаковыми; по инерціи экипажа предѣлъ этотъ будетъ перейденъ, а лѣвое колесо поднимется больше, чѣмъ нужно, такъ что равенство круговъ катанія нарушится (кругъ катанія лѣваго колеса сдѣлается больше круга катанія праваго колеса) и паровозъ начнетъ поворачиваться вправо.

Изъ этого видно, что при рельсахъ поѣздной формы проявляются, независимо отъ прочихъ причинъ, качанія паровоза около вертикальной оси. При этомъ, такъ какъ неправильности укладки рельсовъ имѣютъ множество различныхъ видовъ, то и неправильности движенія весьма измѣняются. Для отвращенія этого неудобства дѣлаютъ го-

ловку рельса выпуклою, описывая ее дугами круговъ разныхъ радіусовъ. При такой формѣ рельса стремленіе къ качаніямъ не появится даже и при нѣсколько неправильной укладкѣ.

2) Зазоръ. — Зазоръ, оставляемый между захватами колесъ, также способствуетъ проявленію качаній, но уменьшить его невыгодно, ибо тогда захваты колесъ, вслѣдствіе качаній, производимыхъ движущимися частями паровоза, будутъ ударяться о рельсы и происходящіе отъ сего толчки будутъ разстраивать строеніе паровоза и вагоновъ и кромѣ того и самые захваты будутъ изнашиваться. На возстановленіе правильности движенія, нарушеннаго неровностями пути, имѣетъ вліяніе параллелизмъ осей, который принуждаетъ идти паровозъ по прямолинейному направленію; изъ этого видно, что большое разстояніе между крайними осями полезно въ отношеніи устойчивости тѣмъ, что вліяніе параллелизма осей будетъ въ этомъ случаѣ явственнѣе.

3) Ремонтъ пути. Если рельсы правильно уложены въ продольномъ профилѣ, но неправильно въ планѣ, разстояніе между ними то

увеличивается, то уменьшается, то следствіемъ этого будутъ качанія паровоза около вертикальной оси; если же при правильной укладкѣ въ планѣ, профиль будетъ неправиленъ, т. е. одинъ рельсъ будетъ то выше, то ниже другаго, то паровозъ приметъ качанія около горизонтальныхъ осей продольной и поперечной; въ особенности послѣднія качанія сильны въ томъ случаѣ, когда поперечины садятся подъ грузомъ машины одновременно обоими концами. Въ этомъ случаѣ качанія около поперечной оси бываютъ такъ сильны, (чаще всего это бываетъ на вновь устроенныхъ дорогахъ, гдѣ балластъ не принялъ еще надлежащей осадки), что машинистъ бываетъ принужденъ закрыть регуляторъ, чтобы уменьшить скорость движенія.

Вообще должно содержать дорогу въ хорошемъ состояніи, ибо издержки на ремонтъ вполнѣ окупятся уменьшеніемъ издержекъ на починки въ подвижномъ составѣ, безпрерывно случающіяся при дурномъ состояніи пути.

4) <u>Непараллельность осей и неровность діаметровъ колесъ одной оси.</u> Неточности эти въ устройствѣ подвижнаго состава про-

изводятъ, что понятно безъ объясненій, качаніе около вертикальной оси и во всякомъ случаѣ будутъ причиною быстраго изнашиванія закраинъ шинъ.

5) Изнашиваемость шинъ. Послѣ нѣкотораго времени службы шины колесъ стираются, причемъ по окружности шины образуется впадина, глубина которой по проходѣ отъ 15000 до 35000 километровъ (отъ 14100 верстъ до 32900 верстъ) можетъ достичь отъ 0,005 метра до 0,006 метра (отъ 0,18 дюйма до 0,22 дюйма).

Принимаемая такимъ образомъ шиною форма вредна потому, что уничтожаетъ все удобства коничности и во вторыхъ при малѣйшихъ неправильностяхъ укладки рельса діаметры круговъ катанія измѣняются ощутительно, - слѣдствіемъ этого будетъ проявленіе каченій около вертикальной оси. На дѣлѣ оказывается, что при такихъ шинахъ каченія эти весьма усиливаются и потому необходимо шины перетачивать, придавая имъ первоначальную форму. (При толщинѣ шины въ 40 или 45 миллиметровъ (въ 1,44 или 1,62 дюйма) допускается перетачивать всего четыре раза, считая каж-

дый разъ слой въ 4 миллиметра (0,14 дюйма), такъ что подъ конецъ шина сдѣлается вдвое тоньше, т. е. около 20ти или 25ти миллиметровъ (0,72 - 0,90 дюймовъ). Шины изъ литой стали (безъ сварки) и изъ пудлинговой стали (сваренныя) даютъ, особенно первыя, сравнительно съ желѣзными очень хорошіе результаты, какъ въ отношеніи прочности и долговѣчности, такъ и экономіи.

6) Наконецъ игра смазочныхъ коробокъ въ вилкахъ рамы. Когда паровозъ подверженъ качаніямъ около вертикальной оси и смазочныя коробки не имѣютъ игры въ горизонтальной плоскости между вилками, то качанія колесъ осей будутъ умѣряться треніемъ колесъ о рельсы, такъ что амплитуда качаній лежащихъ надъ ними частей будетъ больше амплитуды качанія колесъ и осей, а потому въ самомъ паровозѣ будутъ проявляться внутренніе силы упругости, ослабляющія прочность частей паровоза и ихъ соединеній между собою. Если же при этомъ смазочныя коробки будутъ имѣть игру въ горизонтальномъ направленіи то по большой амплитудѣ качаній верх-

ныхъ частей сравнительно съ качаніемъ осей и колесъ будутъ происходить удары коробокъ о вилки рамъ, быстро разстраивающіе строеніе паровоза и усиливающіе качаніе. Часто было замѣчаемо на практикѣ, что весьма не устойчивые паровозы пріобрѣтали устойчивость вслѣдствіе одной только починки частей.

Различные роды перевозимыхъ предметовъ требуютъ и различныхъ условій перевозки; такъ перевозка пассажировъ и болѣе цѣнныхъ товаровъ должна производиться съ большею скоростью, чѣмъ товаровъ менѣе цѣнныхъ, почта же еще съ большею скоростью, поэтому и устройство паровозовъ должно удовлетворять этимъ требованіямъ. Вслѣдствіе этого паровозы по устройству своему главнымъ образомъ раздѣляются на _пассажирскіе_ и _товарные_; въ свою очередь пассажирскіе паровозы раздѣляются на _паровозы обыкновенной скорости_ и _паровозы большой скорости_; послѣдніе служатъ для перевозки почты и пассажировъ высшихъ классовъ (обыкновенно перваго и втораго или только перваго); также и товарные паровозы раздѣляются на _обыкновенные_ и _па-_

ровозы большой силы; последніе служатъ для перевозки съ небольшою скоростью грузныхъ поѣздовъ малоцѣнныхъ товаровъ или для движенія по линіямъ съ крупными подъемами.

Кромѣ этихъ двухъ главныхъ разрядовъ паровозовъ устраиваются еще паровозы смѣшанные (mixtes) или товаропассажирскіе, служащіе для перевозки большихъ пассажирскихъ поѣздовъ (пассажировъ низшихъ классовъ, напримѣръ втораго и третьяго или одного третьяго) или поѣздовъ, нагруженныхъ цѣнными товарами, требующими скорой доставки. Скорость движенія этихъ паровозовъ средняя между пассажирскими и товарными.*

Такимъ образомъ паровозы по назначенію своему раздѣляются на слѣдующіе разряды:

1) Пассажирскіе { обыкновенной скорости / большой —

2) Товарные { обыкновенной силы тяги / большой — —

3) Товаро-пассажирскіе

4) Станціонные.

* Паровозы дѣлаются особаго устройства и для станціонной службы.-

I. Пассажирскіе паровозы.

1) Пассажирскіе паровозы обыкновенной скорости.

Паровозы этого разряда служатъ для движенія легкихъ поѣздовъ и съ довольно большою скоростью по линіямъ, подъемы на которыхъ не превосходятъ 0,005. Они перевозятъ пассажирскіе поѣзды (trains omnibus), останавливающіеся на каждой станціи или только на главныхъ; въ послѣднемъ случаѣ остановки повторяются черезъ промежутки времени не болѣе получаса каждый. Размѣры этихъ машинъ не велики сравнительно съ прочими разрядами, работа ихъ весьма перемѣнна, такъ какъ на одной и той же линіи имъ приходится перевозить поѣздъ отъ 8^ми^ до 16^ти^ вагоновъ, т. е. отъ 60^ти^ до 130^ти^ тоннъ, изъ чего слѣдуетъ, что они должны быть снабжены приборами для измѣненія работы, т. е. приборами перемѣннаго расширенія. Они обыкновенно имѣютъ три пары колесъ, изъ которыхъ одна только средняя бываетъ ведущая и сзади ихъ помѣщается тендеръ съ запасами

топлива и воды. - Ведущія колеса всегда большаго діаметра.

Главные ихъ размѣры бываютъ слѣдующіе: (8060 пудовъ)

Переводимый грузъ пассажировъ съ вагонами (130 тоннъ)

Нормальная скорость въ часъ 40 километровъ

Усиленная, случайно требующаяся скорость 60 километровъ.

Производимая работа:

Средняя на горизонтальномъ пути 150 лошадей

Наибольшая на подъемъ въ 0,005-250 лошадей

Сцѣпленіе около 2000 килограммовъ (122 пуда)

Діаметръ ведущихъ колесъ отъ 1,68 до 1,80 метра (4,41 до 5,90 фута)

Діаметръ поддерживающихъ колесъ отъ 1 до 1,20 метра (3,28 до 3,94 фута)

Діаметръ цилиндровъ отъ 0,38 до 0,46 метра (1,24 фута)

Ходъ поршня — отъ 0,56 до 0,60 метра (1,83 фута)

Полная поверхность нагрѣва отъ 70 до 100 квадратныхъ метровъ (753,28 квадратныхъ футовъ до 1076)

Полный вѣсъ на ходу отъ 18^{ти} до 23^{х}

тоннъ (1116 до 1904 пудовъ).
Нагрузка на ведущія колеса (на пару) отъ 7-ми до 12-ти тоннъ (434 до 744 пудовъ).
Объемъ воды въ тендерѣ около 5-ти кубическихъ метровъ (176,95 кубическихъ футовъ).

Разсмотримъ теперь нѣкоторые изъ болѣе употребительныхъ типовъ этого разряда.

1) Типъ съ осью позади топочной коробки (фиг. 173, 174, таб. 32)

Какъ примѣръ этого типа можно привести паровозъ Ліонской дороги, построенный въ 1856-мъ году въ мастерскихъ Г. Кайль и К°. Подобные паровозы впервые были устроены Стефенсономъ, поэтому и этотъ типъ носитъ имя этого знаменитаго инженера.

Рамы изображеннаго на чертежѣ паровоза — внутреннія относительно колесъ, цилиндры — наружные относительно рамъ. — Ведущихъ колесъ одна пара, средняя. Типъ этотъ получилъ большое примѣненіе. Главные размѣры паровоза Ліонской дороги слѣдующіе:

Діаметръ поршней . . . 0,400 метра (1,31 фута)

Ходъ поршней . . . 0,600 метра (2,57 фута).

Діаметръ ведущихъ колесъ 1,810 метра (5,84 фута)

Вѣсъ паровоза безъ воды и топлива 25,098 килограммовъ (1530,9 пуд.)

Вѣсъ паровоза съ водою и топливомъ 28,560 килограмм. (1717,16 пуд.)

Нагрузка на переднюю ось 12,340 килогр. (752,74 пуд.)

Нагрузка на ведущую ось 12,640 килогр. (771,04 пуд.)

Нагрузка на заднюю ось 3,580 килогр. (218,38 пуд.)

Число оборотовъ ведущихъ колесъ при скорости въ 60 километровъ (56,40 верст.): 175,8 въ минуту.

Поверхность нагрѣва:

трубки	83,50 кв. м.	(898,46 кв. ф.)
топки	6,78 " "	(72,95 " "
всего	90,28 " "	975,41 " "

Число прогарныхъ трубокъ 156.

Вообще надо стараться, чтобы въ паровозѣ не было грузныхъ частей по вѣсу и потому нужно ихъ располагать между двумя парами колесъ. Здѣсь это правило относительно топочной коробки соблюдено, но дымовая коробка и цилиндры сдѣланы по вѣсу, ибо, помѣстивъ переднюю ось передъ

дымового коробкою, разстояние между крайними осями до того бы увеличилось, что проходъ по кривымъ сдѣлался бы невозможнымъ. Въ разсматриваемомъ паровозѣ передняя ось помѣщена по возможности ближе къ дымовой коробкѣ, а задняя сейчасъ же за топочною коробкою, такимъ образомъ разстояніе между крайними осями вышло въ 4,49 метра (14,73 фута), что уже не представляетъ особыхъ неудобствъ въ отношеніи кривыхъ.

Паровозъ этотъ имѣетъ большую силу тяги, что видно изъ нагрузки ведущей оси (12 640 килограммовъ), принимая коэффиціентъ сцѣпленія въ 1/8, получимъ, что сила тяги его (равная сцѣпленію) будетъ:

$$\frac{12640}{8} = 1580 \text{ килогр. } (96,38 \text{ пуд.}),$$

такъ что паровозъ этотъ можетъ даже въ весьма не благопріятныхъ обстоятельствахъ (1/8 коэффиціентъ сцѣпленія) тянуть поѣздъ около 180 тоннъ (11,160 пуд.) при обыкновенной скорости около 45 километровъ (42,20 верстъ) по горизонтальному пути.

2) Типъ съ тремя осями между топочною и дымовою коробками (фиг. 175, 176 - таб. 32 и фиг. 189 и 190 - таб. 36а)

Этотъ типъ также предложенъ Стефенсономъ, который хотѣлъ увеличить поверхность нагрѣва и достичь болѣе совершеннаго охлажденія продуктовъ горѣнія удлиненіемъ прогарныхъ трубокъ или слѣдовательно удлиненіемъ цилиндрической части котла. Относительно размѣровъ можетъ служить примѣромъ паровозъ, построенный Стефенсономъ въ 1845^ом^ году для „Chemin de fer du Nord".

Главные размѣры его слѣдующіе:

Діаметръ цилиндровъ 0,35 метра (1,15 фута)

Ходъ поршня 0,56 метра (1,83 фута)

Вѣсъ всего паровоза на ходу 21,500 килограммовъ (1311,5 пуда)

Нагрузка на ведущую ось 7,410 килограмм. (452,01 пуд.)

Діаметръ ведущихъ колесъ 1,70 метр. (5,58 футовъ)

Діаметръ поддерживающихъ колесъ 1,1 метра (3,61 фут.)

Какъ видно изъ чертежа разстояніе между осями, крайними, въ этомъ типѣ меньше, нежели въ предъидущемъ — и потому они удобнѣе для прохожденія по кривымъ, но за то типъ этотъ представляетъ и значительныя неудобства, именно: въ немъ и топка и дымо-

ная коробка съ цилиндрами-наружными, (рамы также наружныя относительно колесъ) на вѣсу, что еще ощутительнѣе при небольшомъ разстояніи крайнихъ осей (3,015 метра)(9,87 футовъ) и слишкомъ слабой нагрузкѣ передней оси, вслѣдствіе всего этого паровозы эти оказались очень неустойчивы. Кромѣ этого только небольшая часть всего груза паровоза приходилась на ведущую ось и слѣдовательно употреблялась для произведенія силы тяги.

По всѣмъ этимъ причинамъ Сѣверная дорога передѣлала этотъ типъ въ предъидущій, перенеся заднюю ось за топку.

3) Американскій типъ.

(фиг. 171-172, таб. 31я)

Характеристическая черта этого типа, впервые предложеннаго американскимъ инженеромъ Норрисомъ и почти безъ измѣненій въ общей идеѣ до сихъ поръ исключительно употребляемаго въ Америкѣ (и у насъ на Николаевской дорогѣ), состоитъ въ помѣщеніи топочной коробки между двумя парами ведущихъ колесъ (большею частію по небольшому вѣсу американскихъ

паровозовъ „дѣлаютъ двѣ пары веду-
щихъ колесъ, сдвоенныхъ шатунами;
иногда же дѣлаютъ и одну только веду-
щую пару колесъ, въ послѣднемъ случаѣ
всѣ таки обѣ пары колесъ притомъ
дѣлаютъ одинаковаго діаметра) и под-
держиваютъ передокъ машины особою те-
лѣжкою (bogie) съ четырьмя колесами
и шкворнемъ, на который передокъ ма-
шины надѣвается и около котораго
можетъ вращаться тележка при
прохожденіи кривыхъ.

Паровозы эти очень удобны въ
отношеніи кривыхъ пути, и неудов-
летворительны въ отношеніи устой-
чивости, что будетъ объяснено ниже.
Вѣсъ такихъ машинъ измѣняется
отъ 15 до 33 тоннъ (отъ 930 до 1560
пудовъ). Діаметръ ведущихъ колесъ
отъ 5 до 5½ футовъ.

Подобные же паровозы употребля-
ются для быстрой пассажирскихъ и
скорыхъ поѣздовъ и въ послѣднемъ случаѣ
діаметръ ведущихъ колесъ уменьша-
ется до 4½ и до 4 футовъ. Нагруз-
ка на двѣ оси ведущихъ колесъ при-
близительно около 2/3 всего паровоза.
Какъ примѣръ этого типа можно при-
вести паровозовъ, построенный Г. Сти-
томъ и описанный Г. Гюгель въ статьѣ

что с [illegible] [illegible].

4) Главный [illegible] можно сказать [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] скорости [illegible] [illegible] (стр. 181-182, табл. [illegible]) [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]. Такъ [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] паровозы [illegible] скорости, [illegible] [illegible] сказать [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] стигнуть [illegible] скоростей въ [illegible] [illegible] [illegible].

Главныя размѣры.

Діаметръ цилиндровъ 0,406 метра (1,33 фута)

Ходъ поршня 0,56 метра (1,84 фута)

Поверхность нагрѣва:

въ трубкахъ:	96,55 квадр. метр.	([illegible])
въ топкѣ	7 " "	" [illegible] "
Всего	100,55 "	" (108[illegible], 9[illegible] " ")

Число трубокъ: 177.

Діаметръ ведущихъ колесъ 2,10 метра ([illegible] фут.)

Вѣсъ пустаго паровоза 24600 килограммовъ (1500,6 пудовъ)

Вѣсъ паровоза на ходу 27200 килограмм. (1657,7 пуд.)

Нагрузка на переднюю ось 10 200 килограммовъ (622,2 пуда)
Нагрузка на среднюю ось 7000 килогр. (427 пуд.)
Нагрузка на заднюю ось 10000 килогр. (610 пуд.)
Число оборотовъ ведущихъ колесъ въ одну минуту:
при скорости 60 километр. 56,40 в. - 151,[illegible]
" 100 " 94 вер. - [illegible]

Слѣдовательно въ послѣднемъ случаѣ поршень дѣлаетъ болѣе 500 качаній въ минуту.
Давленіе пара въ котлѣ 8 атмосферъ.

Такъ какъ въ этомъ паровозѣ ведущая ось перенесена за топку, то ничто уже не мѣшаетъ поднять ее на сколько угодно для увеличенія діаметра, что было совершенно невозможно въ паровозахъ съ ведущею осью подъ котломъ. Котелъ помѣщенъ ниже, чѣмъ въ прочихъ типахъ и ни одной тяжелой части не вынесено на вѣсу. Обстоятельства эти вмѣстѣ съ большимъ разстояніемъ опоръ крайними осями дѣлаютъ этотъ типъ очень устойчивымъ. Принятое въ этомъ типѣ расположеніе колесъ даетъ возможность дѣлать большія поверхности нагрѣва, однако, по мнѣнію нѣ-

которыхъ инженеровъ, можно было бы уменьшить подвижность шатуновъ безъ особыхъ неудобствъ относительно силы машины вслѣдствіе укороченія шатуна, чрезъ что указанный уменьшился бы разстояніе между крайними осями, т. е. сум[illegible] величину котораго (4,[illegible]) [illegible] ходъ въ кривыхъ [illegible] затрудни[illegible]. [illegible] прохода въ кривыхъ [illegible] Германіи [illegible] [illegible] употребляютъ [illegible] [illegible] устройство оказалось [illegible] [illegible].

Можно сдѣлать замѣчаніе, что если паровозы эти [illegible] ходить со скоростью 100 километровъ въ часъ, то поршень движется, какъ видно выше, около 500 качаній въ минуту, что весьма изнашиваетъ поршни, распредѣлительный приборъ, насосы и т. д. При скорости 60 [illegible] и длинѣ 80 [illegible] километровъ (56,40 верстъ и 75,[illegible] в.) [illegible] эти явленія оказываются [illegible]. Фиг. 169 и 170 представляютъ [illegible] паровозъ [illegible] съ [illegible] разницей, что передача движенія [illegible] [illegible], а [illegible]. Но это [illegible] въ употребленіе не вошло.

III. Товарные паровозы.

1) Товарные паровозы обыкновенной системы.

Паровозы этого разряда строятся для скоростей до 30 километровъ въ часъ (28,20 верстъ) и имѣютъ большую силу тяги и большое сцѣпленіе, поэтому они имѣютъ колеса малаго діаметра, всѣ сцѣпленные и [illegible] діаметра, большіе площади и ходы поршней и большіе котлы. Діаметръ колесъ былъ уменьшенъ одно время до одного метра = 3,28 фута, но затѣмъ былъ увеличенъ и въ настоящее время измѣняется отъ 1,2 метра = 3,94 фута до 1,5 метра = 4,92 фута, при ходѣ поршня въ 0,6 метра = 1,97 фута.

[illegible] большія [illegible] въ [illegible] объ[illegible] [illegible] въ [illegible] облегченія [illegible] на [illegible]

При этомъ надо замѣтить, что оставленіе на вѣсу тяжелыхъ частей въ товарныхъ локомотивахъ, какъ напримѣръ топки, дымовой коробки, цилиндровъ, не служитъ препятствіемъ къ уменьшенію разстоянія между крайними осями, ибо расположеніе это вредно въ отношеніи устойчивости только при большихъ скоростяхъ.

Товарные паровозы должны быть снабжены большими тендерами, ибо они по медленности движенія останавливаются долго на пути и притомъ расходуютъ много воды и топлива.

Такъ какъ паровозы эти стоятъ часто долгое время на станціяхъ, напримѣръ для пропуска пассажирскихъ поѣздовъ, то бываетъ нужно ослаблять огонь и питать котелъ. Для перваго нужно, чтобы труба была снабжена крышкою, а для втораго, чтобы паровозъ былъ снабженъ донкою (паровымъ насосомъ). Теперь, впрочемъ, при введеніи инжекторовъ, послѣдній приборъ сдѣлался ненуженъ (ф.135,136,137-138, Т.35)

Главные размѣры обыкновенныхъ товарныхъ паровозовъ слѣдующіе:

Нормальный грузъ до 400 тоннъ (24,800 пудовъ)
(включая вѣсъ вагоновъ)

Максимальная скорость 30 километровъ
(23,20 верстъ)
(у насъ въ Россіи гораздо меньше, такъ на Николаевской дорогѣ скорость товарныхъ поѣздовъ только 15 верстъ)
[illegible] ([illegible]) на горизонтальномъ пути 200 [illegible]
[illegible] ([illegible]) [illegible] въ 0,005
420 [illegible].
[illegible] 3500 кило-граммовъ (2[illegible],5 пудовъ)
Діаметръ ведущихъ и сцѣпныхъ колесъ не болѣе 1,5 метра (4,92 фут.)
(Обыкновенно [illegible] колесъ)
Діаметръ [illegible] 0,80 метра
([illegible],44 фута)
[illegible] 0,60 - 0,70 метра (1,97 фута)
Поверхность [illegible] (въ [illegible]) не болѣе 110 квадратныхъ метровъ
(1183,6 квадратныхъ футовъ)
Вѣсъ паровоза [illegible] отъ 26 до 30ти тоннъ ([illegible] - [illegible] пудовъ)
Объемъ воды въ [illegible] около 6 квад. [illegible] (20,92 кв. ф.)

[illegible] обыкновенныхъ [illegible] паровозовъ можно привести [illegible].

Такъ [illegible] въ 1855 г. [illegible]

Паровозъ этотъ можетъ служить типомъ товарнаго паровоза съ тремя парами колесъ, помѣщенными подъ цилиндрическою частью котла.

Главные размѣры этого паровоза слѣдующіе:

Поверхность нагрѣва
въ трубкахъ: 114,9 кв. м. (1226,32 кв. фт.)
" топкѣ: 7,3 " " (78,55 " ")
Всего 122,2 " " (1304,87 " ")

Число трубокъ: 284.

Діаметръ поршней 0,420 метра (1,38 фута)

Ходъ поршней 0,650 метра (2,13 фута)

Діаметръ колесъ 1,377 метра (4,46 фута)

Вѣсъ пустаго паровоза 26803 килогр. (1634,98 пуд.)

Вѣсъ паровоза на ходу 30710 килогр. (1873,31 пуд.)

Паровозы Сѣверной желѣзной дороги во Франціи съ такимъ же расположеніемъ колесъ, вѣсятъ: пустого 20900 килогр. (1274,9 пуд.) и на ходу 22900 килограммовъ (1396,9 пуд.)

Нагрузка на переднюю ось 9905 килогр. (604,25 пуд.)

Нагрузка на среднюю ось 10790 килогр.

(655,69 пуд.)
Нагрузка на заднюю ось 10015 килогр.
(619 пуд.)
Число оборотовъ колесъ для скорости 30-километровъ 28,20 верстъ — 115,5

Въ паровозѣ этомъ рамы наружныя и цилиндры внутренніе, немного наклонные, ведущая ось (средняя) сдѣлана коленчатою.

Паровозъ этотъ, по модели въ 6,00?, существующемъ по Орлеанской дорогѣ, можетъ везти поѣздъ, вѣсъ котораго (brutto за исключеніемъ самого паровоза) достигаетъ до 250 тоннъ.

Какъ примѣръ товарнаго шестиколеснаго паровоза можно привести паровозъ, построенный въ мастерскихъ Варшавской дороги, бывшій на всемірной выставкѣ въ Вѣнѣ(*) (Т. 29 и 30-е)

Товарные паровозы большой силы тяги.

Главные типы этого разряда построены по измѣненной системѣ горнаго паровоза Энгерта, поэтому сперва мы разсмотримъ этотъ паровозъ, хотя онъ и не относится къ этому разряду. Послѣ неудачнаго конкурса

(*) Паровозъ этотъ получилъ медаль за преуспѣяніе.

назначеннаго Австрійскимъ правительствомъ на лучшее устройство паровоза для Земмерингской дороги, на которой подъемы доходятъ до 0,025 и радіусы кривизны до 180 метровъ, австрійскій инженеръ Энгертъ представилъ свой паровозъ, который и былъ принятъ для движенія по этой дорогѣ: (фиг. 179-180, таб.53) изображаютъ подобный паровозъ, построенный въ мастерскихъ John Cockeril.

Размѣры этого паровоза слѣдующіе:

Діаметръ колесъ 1,106 метра = 3,627 фута

Поверхность нагрѣва 155,2 квадр. м. = 1669,95 кв. фут.

Длина трубокъ 4,74 метра = 15,547 фута

Діаметръ цилиндровъ 0,47 метра = 1,547 фута

Ходъ поршней 0,62 метра = 2,03 фута

Объемъ воды въ бакахъ 6,4 куб метровъ = 226,048 куб. фут.

Объемъ топлива 6,00 куб. метр. = 211,92 куб. фут.

Наибольшая длина машины съ тендеромъ 10,8 метра = 35,42 фут.

Вѣсъ съ запасами воды и топлива 56,112 килогр. = 3422,83 пуда,

изъ которыхъ 39200 килограммовъ = 2391,2 пуда приходится на первыя три оси, именно:

на переднюю: 13700 килогр. = 835,7 пуд.
" вторую: 12500 " = 762,5 "
и " третью 13000 " = 793 "

Главная задача устройства паровоза для Земмерингской дороги состояла въ томъ, чтобы придать ему возможно большую подвижность въ кривыхъ и возможно большее сцепленіе колесъ съ рельсами, т. е. сделать всѣ его колеса ведущими.

Для достиженія первой цели Г. Энгертъ разделилъ раму паровоза на двѣ части, первая часть рамы (рамы паровоза внутреннія относительно колесъ) идетъ отъ дымовой коробки къ топочной и къ ней прикреплены котелъ, дымовая и огневая коробки. Эта часть рамы лежитъ на трехъ осяхъ, изъ которыхъ последняя получаетъ движеніе отъ паровыхъ цилиндровъ посредствомъ шатуна. Всѣ эти оси связаны шатунами. Вторая часть рамы (или рамы тендера — внешнія относительно колесъ) лежитъ на двухъ осяхъ, изъ которыхъ одна помещена впереди топочной коробки, а вторая позади ея; обѣ оси связаны шатунами; ж-

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] ка на особенныхъ поддерживающихъ кат- кахъ, чтобъ катающими поверхностями [illegible] [illegible].

Въ [illegible] [illegible] [illegible] между собою шкворнемъ, [illegible] крестовинами, изъ коихъ [illegible] шарнирнымъ и при- крѣпленъ къ рамамъ тендера, а двѣ другія (верхняя и нижняя) къ рамамъ паровоза; устройство это, показан- ное на чертежахъ 179 и 180-й рисун- ка 33-й, выгодно тѣмъ, что въ слу- чаѣ излома шкворня движеніе можетъ продолжаться (хотя и медленно) на однихъ крестахъ.

Помощію шкворня обѣ рамы мо- гутъ, вращаясь, перемѣнять свое вза- имное положеніе сообразно кривизнѣ проходимаго пути.

При движеніи по кривой, когда рель- сы подъ паровозомъ и тендеромъ со- ставляютъ между собою нѣкоторый уголъ, упорная коробка, придѣлан- ная къ рамамъ паровоза, скользитъ полушаровыми катками по направ- ляющимъ дугамъ, прикрѣпленнымъ къ рамамъ тендера и удобоподвиж- ность системы вполнѣ достигается.

Надо замѣтить, что эта симметрич-
ная цилиндрическая пружина, что поставлена
помѣщено посрединѣ, а не спереди ма-
шины и поэтому переднимъ кол-
есамъ труднѣе сойти съ рельсовъ. Въ па-
ровозѣ этомъ танки помѣщены спе-
ди двумя осями и потому качанія
будутъ незначительны.

Для достиженія второй цѣли, т. е.
увеличенія сцѣпленія, устроено слѣдую-
щимъ образомъ: 1) баки съ водою пере-
несены на самой паровозъ и располо-
жены по бокамъ его (фигуры 179-я
и 180-я таблица 33-я) и 2) колеса
тендера сдѣланы ведущими. Чтобы
сдѣлать колеса тендера ведущими
послѣдняя ось паровоза соединена съ
первою осью тендера зубчатыми ко-
лесами, именно: на послѣдней паро-
возной оси насажено зубчатое колесо,
сцѣпляющееся съ зубчатымъ колесомъ,
насаженнымъ на особую ось; послѣд-
нее колесо сцѣплено съ зубчатымъ ко-
лесомъ, насаженнымъ на первую ось
тендера; колеса эти сдѣланы изъ
литой стали и зубцы ихъ располо-
жены такъ, чтобы передача могла
существовать и во время прохода
по кривымъ. Но давленіе [illegible]
деніемъ неудобнымъ вслѣдствіе [illegible]

-тыхъ колонокъ и потому сперва совершенно ихъ уничтожили, такъ что послѣднія двѣ пары колесъ (тендерныя) служили только поддерживающими. Впослѣдствіи же, когда управленіе этой дороги пригласило французскихъ инженеровъ, то паровозы эти были совершенно передѣланы, именно для увеличенія сцѣпленія, которое оказалось недостаточнымъ, первую пару колесъ тендера придѣлали къ рамамъ паровоза, такоже какъ были первыя три пары колесъ паровоза, такъ что образовались подъ цилиндрическою частью котла четыре ведущихъ оси (соединенныя шатунами); соединеніе шкворнемъ уничтожено и къ паровозу припрягается обыкновенный тендеръ. Такимъ образомъ образовался восьми-колесный паровозъ, котораго устройство видно на большомъ чертежѣ.

3) Товаро-пассажирскіе паровозы.

(mixtes)

Разрядъ этотъ занимаетъ среднее мѣсто между пассажирскими и товарными паровозами, почти соединяя силу послѣднихъ со скоростью

поѣздовъ.

Паровозы эти служатъ для быстрого движенія тяжелыхъ грузовъ, какъ напримѣръ пассажирскихъ поѣздовъ (omnibus), товарныхъ, нагруженныхъ громоздкими предметами и т. п. Вслѣдствіе возможности устроить большихъ размѣровъ, части машины прочныя, онѣ всегда имѣютъ двѣ пары большихъ колесъ сцѣпленныхъ цилиндрами.

Большія линіи желѣзныхъ дорогъ имѣютъ обыкновенно два рода товарно-пассажирскихъ паровозовъ.

1) Съ большими колесами для движенія [illegible] курьерскихъ поѣздовъ на [illegible] и

2) Съ среднимъ діаметромъ на всѣхъ линіяхъ и [illegible] второстепенныхъ линіяхъ также имѣются паровозы этого рода, именно на которыхъ по незначительности движенія перевозятъ въ одно время и товары и пассажировъ. Діаметръ колесъ этихъ паровозовъ средній между діаметрами колесъ паровозовъ товарныхъ и пассажирскихъ, иногда онъ же [illegible] равнымъ діаметру колесъ товарныхъ паровозовъ.

Такъ какъ эти машины должны имѣть большое сцѣпленіе, то выгодно переносить на нихъ баки съ водою

и тяжелыхъ, не [illegible] самою тен-
дерою. Они должны быть также снабже-
ны обоими приборами товарныхъ ма-
шинъ, такъ, какъ и последнимъ, при-
ходится часто долго стоять на стан-
циях, причемъ очень въ [illegible] длинныхъ
[illegible].

Главныя численныя данныя этого
рода паровозовъ суть следующія:

Перевозимый грузъ по меньшей мере отъ 250 до 300 тоннъ.

Нормальная скорость движенія по горизонтальному пути 40 километровъ.

Полезная работа 300 лошадей.

Сцепленіе по меньшей мере 3900 килограммовъ.

Діаметръ ведущихъ колесъ отъ 1,60 метра до 1,80 м.

Діаметръ поддерживающихъ колесъ около 1,00 и 1,20 метра.

Діаметръ цилиндровъ отъ 0,40 до 0,45 метра.

Ходъ поршня около 0,56 метра.

Поверхность нагрева по крайней мере 110 кв. метровъ.

Полный весъ во время движенія отъ 35 до 300 тоннъ.

Запасъ воды около 6-ти кубич. метровъ.

Лит. Гербургъ. Дем. пер. д. № 3.

Какъ лучшіе примѣры товаро-пассажирскихъ паровозовъ можно привести слѣдующіе типы: (надо замѣтить, что къ этому же разряду собственно должны быть отнесены и американскіе паровозы съ двумя парами ведущихъ колесъ)

1) Типъ съ двумя парами ведущихъ колесъ подъ котломъ и съ третьею парою (поддерживающею) позади топки. (ф. 192, Т 36-а)

Паровозъ Ліонской желѣзной дороги „Rhone", построенный Гуэномъ и К° въ 1849 году.

Главные размѣры этого типа суть слѣдующіе:

Поверхность нагрѣва:
трубокъ: 77,601 квадр. метровъ
топки: 7,860 " "
Всего: 85,460 " "
Число трубокъ: 155.
Діаметры цилиндровъ 0,400 метра
Ходъ поршней 0,610 метра.
Цилиндры внутренніе и немного наклоненные, а не [illegible].
Діаметръ ведущихъ колесъ 1,690 метра
Діаметръ поддерживающихъ колесъ 1,1 метра
Вѣсъ порожняго паровоза 22030 килогр.

Листъ 22. Паровозы. [illegible]

Вѣсъ паровоза на ходу 25426 килограммовъ.

Нагрузка на переднюю ось 9097 килогр.

" " среднюю " 11050 "

" " заднюю " 5279 "

Слѣдовательно грузъ паровоза, служащій для сцѣпленія колесъ = 20150 килограммамъ

Сила тяги этого паровоза около 2000 килограммовъ при скорости 40 километровъ въ часъ

Число оборотовъ ведущихъ колесъ въ одну минуту при скорости 45 километровъ въ часъ = 149,22.

Устройство это, какъ видно изъ чертежа, требуетъ укороченія цилиндрической части котла, для уменьшенія разстоянія между крайними осями; начиная установки - где топка помѣщена между двумя парами колесъ. Наконецъ, задняя ось, совершенная параллельность которой къ другимъ осямъ не необходима, можетъ имѣть зазоры въ подшипникахъ, позволяющіе ей передвигаться по длинѣ кривой [illegible], чего было-бы невозможно (для сохраненія устойчивости), если-бы она была помѣщена впереди.

Передняя ось, колеса которой сцѣплены съ ведущими (средними), могла быть

помѣщена очень близко къ дымовой коробкѣ, чрезъ что цилиндры должны были сдѣлать наклонными, чтобы весь механизмъ могъ бы быть расположенъ надъ этой осью. Паровозъ этотъ считался французскими инженерами превосходнымъ во всѣхъ отношеніяхъ.

2) Типъ съ двумя парами ведущихъ колесъ, помѣщенными подъ котломъ.

(фиг. 177-178, таб. 33а)

Типичнымъ для паровозовъ этого типа можетъ служить паровозъ, построенный Полонсо для Орлеанской дороги.

Главные размѣры его слѣдующіе:

Поверхность нагрѣва:

въ трубкахъ: 90, 596 квадр. метр.

6, 252 " "

Всего 96, 648 " "

Число трубокъ: 180

Діаметръ поршня 0, 440 метра

Ходъ поршня 0, 600 метра

Діаметръ ведущихъ колесъ 1, 500 метра

Вѣсъ порожняго локомотива 23410 килограммовъ

Вѣсъ локомотива на ходу 25871 килогр.

Давленіе на переднюю пару колесъ 7, 252 килогр.

Давленіе на среднюю пару колесъ 10028 ки-

лограммовъ.

Давленіе на заднюю пару колесъ 8568 килограммовъ.

Грузъ, производящій сцѣпленіе 18596 килограммовъ.

Въ этомъ паровозѣ ведущія оси помѣщены сзади; цилиндры внутренніе и горизонтальные.

Сравнивая этотъ типъ съ предыдущимъ, можно замѣтить слѣдующее:

1) Во второмъ типѣ крайнія оси больше сближены, но такъ поддерживающая ось помѣщена впереди, то ей нельзя дать игры въ подшипникахъ, способствующей проходу въ кривыхъ, какъ это сдѣлано въ первомъ типѣ.

2) Поверхность нагрѣва во второмъ паровозѣ больше, и отношеніе между поверхностями топки и трубокъ равно 1/15, тогда какъ въ первомъ оно равно 1/11; слѣдовательно паропроизводительность перваго типа будетъ меньше чѣмъ втораго.

3) Поддерживающая ось помѣщена впереди и потому цилиндры можно было сдѣлать горизонтальными, но помѣщая ось впереди, необходимо было ее сильно нагрузить для сохраненія устойчивости, такъ что при одинаковомъ полномъ вѣсѣ, грузъ производящій сцѣпленi

меньше во второмъ паровозѣ, чѣмъ въ первомъ.

4) Наконецъ, не смотря на удлинненіе котла, помѣщеніе трехъ осей подъ цилиндрической частью его, не допустило придать колесамъ такой же большой діаметръ, какъ въ предъидущемъ типѣ, чрезъ что при одинаковой скорости движенія, число качаній механизма въ единицу времени больше.

Изъ всего этого видно, что первый типъ выгоднѣе послѣдняго. – Надо замѣтить еще, что оси ведущихъ колесъ нагружены неодинаково, что невыгодно въ отношеніи стиранія колесъ, но избѣгнуть этого недостатка на практикѣ почти невозможно; такъ во всѣхъ почти паровозахъ съ сдвоенными колесами (товарныхъ и mixtes) есть разница отъ 1ой до 2хъ и даже болѣе тоннъ; даже часто колеса одной пары бываютъ нагружены неодинаково и разница въ ихъ нагрузкахъ доходитъ до 100 или 200 килограммовъ.

Главная выгода втораго типа состоитъ въ помѣщеніи поддерживающей оси спереди, чрезъ что уменьшается грузъ на ведущія оси и самъ Полонсо, строя новый паровозъ для Орлеанской дороги 1857 г. измѣнилъ

расположеніе колесъ, какъ это увидимъ ниже.

3) Типъ, въ которомъ ведущія колеса сдвоены и расположены по обѣимъ сторонамъ топки (фиг. 133-134, таб. 34-я)

Весьма выгоденъ въ отношеніи устойчивости движенія, ибо въ топкѣ его будетъ доставляться обильныхъ калорій; неудобство его состоитъ въ томъ, что разстояніе крайнихъ осей велико и что грузъ на ведущія колеса меньше, чѣмъ въ предъидущихъ типахъ; поэтому типъ этотъ хорошъ для скораго движенія, не очень тяжелыхъ пассажирскихъ поѣздовъ, по линіямъ съ пологими кривыми. При этомъ онъ еще представляетъ ту выгоду, что переднія колеса малаго діаметра. По этому типу построены паровозы для Московско-Курской желѣзной дороги на заводахъ Борзига и Эгиля. Отзывы всѣхъ паровозовъ разсматриваемыхъ типовъ очень хороши. Вообще для пассажирскаго движенія на линіяхъ съ обыкновенными уклонами самыми лучшими паровозами будутъ паровозы съ одною парою цилиндровъ и двумя парами сдвоенныхъ колесъ. Четырой-

ство ихъ вообще не сложно и они имѣ-
ютъ достаточное сцѣпленіе и паропро-
изводительность, поэтому попытка г.
Pétiet устроить пассажирскій паро-
возъ съ четырьмя цилиндрами, двумя
парами ведущихъ колесъ и двумя па-
рами поддерживающими (Guide de mé-
canicien etc. Supplément) не удалась, и
имъ самимъ оставлена.

Станціонные паровозы.

Къ этому разряду относятся не-
большіе паровозы, служащіе для пере-
становки вагоновъ на большихъ стан-
ціяхъ и складовъ товаровъ, что съ
большими затрудненіями исполняется
лошадьми на небольшихъ станціяхъ.

Главныя характеристическія отли-
чія этихъ паровозовъ суть слѣдую-
щія:

1) Скорость движенія этихъ паро-
возовъ мала, но сила тяги велика;
вѣсъ ихъ по возможности долженъ быть
уменьшенъ, чтобы они могли проходить
по запаснымъ и сарайнымъ путямъ,
которые, будучи назначены только для
провоза вагоновъ, не имѣютъ доста-
точной прочности для прохода обыкно-
венныхъ паровозовъ.

2/ Они должны быть снабжены запасами воды и топлива; число инструментовъ, которыми обыкновенно снабжаются паровозы для этого надзора, можетъ быть уменьшено вслѣдствіе возможности пособій со станцій и мастерскихъ. Главное условіе то, чтобы такой паровозъ могъ свободно проникнуть на станціи безъ расцѣпленія съ тендеромъ. – Для этого случая самый выгодный и даже, можно сказать, единственный типъ будетъ паровозъ-тендеръ.

3/ Всѣ колеса ихъ связаны шатунами и разстоянія между крайними осями таковы, чтобы они свободно могли быть поворачиваемы, подобно вагонамъ на всѣхъ поворотныхъ платформахъ станцій.

4/ Они должны имѣть всѣ необходимые аппараты для уменьшенія силы огня въ топкѣ, удержанія искръ и питанія водою во время стоянки.

Наконецъ очистка и осмотръ ихъ должны быть легки и послѣдній безъ остановки паровоза надъ ямою въ паровозномъ зданіи такъ какъ они могутъ быть нѣсколько сутокъ сряду въ работѣ.

Примѣромъ подобнаго локомотива

можетъ служить паровозъ-тендеръ, построенный для chemin de fer de l'Est въ мастерскихъ Кайля.

Главные размѣры этого паровоза слѣдующіе:

Поверхность нагрѣва:

въ топкѣ :	6, 016	метра
въ трубкахъ :	87, 420	"
Всего	93, 436	"

Объемъ воды въ бакѣ 3, 800 кубическихъ метровъ

Вѣсъ запаса топлива 1000 килограммовъ

Вѣсъ пустой машины 24200 килограммовъ

Нагрузка осей въ пустой машинѣ

1-я ось (передняя)	6220	килограмм.
2-я "	8040	"
3-я " (задняя)	9940	"
Всего	24200	"

Вѣсъ машины на ходу 31,560 килогр.

Нагрузка осей:

первой	8450	килогр.
второй	11550	"
третьей	11560	"
Всего	31560	"

Грузъ, производящій сцѣпленіе, 20000 килограммовъ

Діаметръ колесъ:

ведущихъ 1,630 метра

[illegible] (ширина [illegible]) 1,07 метра

Діаметръ цилиндровъ 0,42 метра

Ходъ поршня 2,56 метра.

Въ паровозѣ этомъ цилиндры внутренніе, ось кривошипная горизонтальная, всѣ шпиндели колесъ помѣщены подъ цилиндрической частью котла и разстояніе между крайними осями не велико, что дозволяетъ этому паровозу свободно проходить по стрѣлкамъ и поворотнымъ платформамъ. Баки для воды и угля помѣщены вдоль паровоза съ обѣихъ сторонъ и снаружи колесъ.

Паровозъ системы Fairlie.

Англійскій инженеръ Н. Ферли съ цѣлью увеличенія силы тяги паровозовъ, употребляемыхъ на узкоколейныхъ желѣзныхъ дорогахъ (ширина пути 3 и 3½ ф.), на которыхъ допускаются значительные уклоны и кривыя малаго радіуса (что обыкновенно не позволяетъ употреблять паровозы о большомъ числѣ колесъ) предложилъ особую систему паровозовъ для этой цѣли.

На конкурсѣ 191, Т 36 представленъ паровозъ системы Ферли, бывшій на-

всемірной выставкѣ въ Парижѣ въ 1867 году, постройки James'a Cross'a.

Паровозы этой системы состоятъ собственно изъ двухъ отдѣльныхъ паровозовъ, связанныхъ одной общей рамой; топки этихъ паровозовъ обращены между собою такимъ образомъ, что между ними остается промежутокъ не менѣе 4хъ дюймовъ, заполняемый водою. Каждый изъ двухъ паровозовъ поддерживается четырехъ или шести-колесною тележкою, соединенною съ паровозомъ посредствомъ шкворня, около котораго она можетъ свободно вращаться въ горизонтальной плоскости. Всѣ колеса ведущія и получаютъ движеніе отъ четырехъ цилиндровъ, прикрѣпленныхъ по два къ каждой тележкѣ. Топочныя дверцы (ихъ двѣ) помѣщены по бокамъ топокъ; онѣ устроены такъ, что платформы для машиниста и помѣщенія для топлива. Запасы воды находятся на самомъ паровозѣ.

Приводимъ нѣкоторые размѣры вышеописаннаго паровоза этой системы (Фестиніогской желѣзной дороги въ Англіи).

Вѣсъ паровоза пустаго.
Діаметръ цилиндровъ 8¼ дюймовъ
Ходъ поршня 13 дюймовъ

Діаметръ колесъ 2 фута 4 дюйма
Разстояніе между осями въ каждой
тележкѣ 5 футовъ
Разстояніе между крайними осями
10 футовъ
Вся длина паровоза 27 футовъ
Вѣсъ съ водою и топливомъ 20 тоннъ
Давленіе пара въ котлѣ до 12 атмо-
сферъ
Діаметръ котла 2 фута 4 дюйма
Толщина стѣнокъ котла 3/8 дюйма.

Огневая коробка:

Длина 6 футовъ
Ширина 3 фута
Высота 4 фута 6 дюймовъ
Площадь рѣшетки 11 квадр. футовъ.
Поверхность нагрѣва:
Общая 730 квадр. футовъ
Трубокъ 670 квадр. футовъ
Число трубокъ 218
Діаметръ трубокъ 1½ дюйма
Длина 7 футовъ 10 дюймовъ
Танки вмѣщаютъ 144 кубическихъ фута
воды
Ящики для топлива вмѣщаютъ 46½
пудовъ угля.

Паровозъ этотъ по уклону въ 1/80 ве-
зетъ поѣздъ отъ 7 до 8-ми тысячъ пу-
довъ, включая сюда вѣсъ паровоза, при-
чемъ общая длина поѣзда достигаетъ

150 саженъ.

Паровозы системы Ферли, не смотря на свою большую длину и большое число колесъ, удобны для прохода по кривымъ малаго радіуса, такъ какъ разстояніе между крайними колесами каждой тележки очень незначительно.

Надо однако замѣтить, что паровозы этой системы обладаютъ большими недостатками, заключающимися, между прочимъ, въ томъ, что довольно затруднительно на практикѣ проведеніе пара изъ котла въ цилиндры. Это проведеніе можетъ быть сдѣлано либо черезъ шкворень, либо колѣнчатыми трубами, связанными между собою шаровыми шарнирами.

Оба эти устройства влекутъ за собою значительную потерю пара истеченіемъ въ щели, требуютъ частаго ремонта и, скоро истираясь, становятся совершенно негодными.

Во вторыхъ трудно предположить, чтобы случающіяся поврежденія происходили каждый разъ одновременно въ обоихъ паровозахъ, напротивъ обыкновенно только одинъ паровозъ требуетъ ремонта, другой же совершенно не требуетъ, но, будучи неразрывно связанъ съ первымъ, онъ не можетъ быть упот-

отвлеченъ для той полезной работы, для которой онъ могъ бы быть употребленъ, будучи свободнымъ.

Останавливаясь на сказанномъ, кажется, гораздо выгоднѣе употреблять вмѣсто паровоза Обержи два паровоза совершенно отдѣльныхъ съ одновременно меньшимъ, однако, разстояніемъ между крайними осями, а этой цѣли удовлетворяетъ обыкновенный четырехъ-колесный паровозъ.

Нѣсколько словъ объ опредѣленіи дѣйствительной нагрузки на оси

Для опредѣленія нагрузки на оси паровоза слѣдуетъ прежде всего вычислить разстояніе общаго центра тяжести, отнесенно на рессорахъ лежащаго отъ нѣкоторой плоскости; это вычисленіе дѣлается слѣдующимъ образомъ: назначаютъ приблизительно центръ тяжести, отдѣльно всѣхъ частей, котла, цилиндровъ и т. д. (напримѣръ центръ тяжести топки будетъ приблизительно въ вертикальной плоскости, раздѣляющей ее пополамъ; центръ тяжести цилиндрической части котла сно-

жетъ быть точно также назначенъ.

Затѣмъ вычисляютъ вѣсъ этихъ частей и помѣстивъ каждый на соотвѣтствующее мѣсто (взятое относительно извѣстной вертикальной плоскости, въ данномъ случаѣ относительно плоскости, проходящей чрезъ ось дышловой шкворни) и взявъ сумму принимаютъ эту сумму моментовъ, изъ всего опредѣляютъ разстояніе отъ общаго центра тяжести. Такимъ образомъ будетъ опредѣлено положеніе центра тяжести всего паровоза.

Затѣмъ если двѣ линіи оси соединены балансирами (рычагами), то вѣсъ идетъ на рессоры и знающаго его, раздѣляется на двѣ части: одна на средину балансира: которая въ свою очередь раскладывается поровну на одну ось и другую на третью ось. Чтобы нагрузки на оси вышли не очень различающіяся одна отъ другой, можно употреблять приспособленія (какъ и въ предыдущемъ (пассажирскій паровозъ системы)). Пользуясь измѣненіемъ нагрузки на оси всѣхъ частей или съ колесами, осями, эксцентриками и т. д., получаются дѣйствительныя давленія колес-

лесъ на рельсы.

Численный разсчетъ паровоза.

1) Составить проэктъ (предварительный) товарнаго паровоза при следующихъ данныхъ: машина должна везти по подъемамъ въ 0,008 грузъ въ 500 тоннъ (8100 пудъ) (безъ въса паровоза и тендера) со скоростью 15^ти^ километровъ (14,1 верстъ) въ часъ. - Тотъ-же грузъ долженъ быть перевезенъ по горизонтальному пути со скоростью отъ 35 до 40 километровъ (32,90 - 37,40 верстъ) въ часъ. Упругость пара въ котлъ 9 атмосферъ (безъ вычета наружнаго давленія атмосферы); отопленіе дровами.

При небольшой работъ на подъемахъ паровозъ долженъ дъйствовать безъ расширенія пара (въ противномъ случаъ размъры были-бы очень велики), но при употребленіи кулиссъ и коробчатыхъ золотниковъ съ наружными и внутренними напусками (что обыкновенно употребляется въ паровозахъ) можно положить, что впускъ пара въ цилиндры при крайнемъ положеніи рычага

кулисъ, продолжается на 0,8 или 0,825 хода поршня; для большей увѣренности положимъ, что впускъ пара прекращается на 0,75 хода поршня.

Для разсчета діаметровъ цилиндровъ служитъ слѣдующее уравненіе:

$$O\left[\left(\frac{\alpha}{\beta}+p\right)k-\left(\frac{\alpha}{\beta}+r\right)\right]=W\frac{D\pi}{4l},$$

гдѣ O — площадь поршня

$\frac{\alpha}{\beta}$ — постоянные коэффиціенты = 3017 изъ формулы $\alpha+\beta p$, выражающей вѣсъ 1-го кубическаго метра пара при давленіи p на 1 квадратный метръ (въ килограммахъ на 1 квадратный метръ).

p — давленіе пара въ цилиндрахъ въ килограммахъ на 1 квадратный метръ.

r — давленіе мятаго пара въ цилиндрахъ, выраженное въ тѣхъ же единицахъ.

W — полное сопротивленіе поѣзда.

D — діаметръ ведущихъ колесъ.

l — ходъ поршня

O) сопротивленіе поѣзда W опредѣлится по формулѣ [illegible]:

$$W^{\text{килогр.}}=2,226Q+0,094VQ+0,00484AV^2,$$

гдѣ Q — вѣсъ поѣзда вмѣстѣ съ паровозомъ и тендеромъ

V – скорость въ километрахъ въ часъ и A – площадь проекцiи поезда на плоскость перпендикулярную къ оси пути.

Въ нашемъ случаѣ $Q = 1500$ тоннъ = (1500000 килограммовъ) + вѣсъ паровоза и тендера, а $V = 15$ километрамъ (= 14,1 верстъ); $A = 14$ квадратнымъ метрамъ = 150,64 квадратнымъ футамъ (по [illegible], томъ II стр. 170).

Назовемъ вѣсъ паровоза черезъ P тоннъ (такъ какъ это особенный паровозъ, что и въ немъ колеса сдвоены); вѣсъ тендера съ запасомъ воды и топлива можно принять около 18 тоннъ (1118 пудовъ). Прибавивъ къ формулѣ Баранина сопротивленiе отъ уклоновъ и введя условiе, что сцѣпленiе паровоза должно быть равно сопротивленiю, получимъ (принимая сцѣпленiе въ 1/7):

$$\frac{P \times 1000}{7} = (500+18+P)(2,72+0,094 \times 15+8) +$$

$$+ 0,00484 \times 14 \times 15^2, \text{ или}$$

$$142,857\,P = (518+P) \times 12,13 + 15,246$$

или $130,627\,P = 6298,586$, откуда P = вѣсъ паровоза на ходу = 48,2 тоннъ = 2988,4 пудовъ, слѣдовательно, полагая по 12,05 тоннъ = 747,1 пуд. на ось, паровозъ будетъ восьми-колесный.

Колеса по формулѣ [illegible]

оборотовъ въ 1 секунду, а такъ какъ наибольшая скорость въ 1 часъ равна 40 километрамъ = 37,6 верстъ, слѣдовательно:

$$3,14 \times D \times 3 = \frac{40000}{3600} \text{ метр.},$$

откуда:

$$D = \frac{40000}{3600 \times 3 \times 3,14} = 1,18 \text{ метр.} = 3,87 \text{ фут.}$$

примемъ его = 1,3 метра = 4,26 фута. — Четыре колеса въ 1,3 метра діаметромъ можно помѣстить подъ цилиндрическою частью котла.

Ходъ поршня опредѣлится изъ условія, что скорость его не превосходитъ трехъ метровъ въ 1 секунду

$$\frac{40000}{3600 \times 3} = \frac{3,14 \times 1,3}{2 \times l},$$

откуда $l = 0,546$ метра = 1,79 фута.

По сравненіи съ существующими паровозами и принимая въ разсчетъ, что скорость 40 километровъ въ часъ рѣдко будетъ встрѣчаться, положимъ: $l = 0,6$ метра = 1,97 фута.

Для разсчета цилиндровъ можемъ положить, что p на 10% (при хорошемъ устройствѣ) менѣе давленія пара въ котлѣ и такъ:

$p = 12500$ килограммовъ = 762,5 пуда на 1 квадратный метръ = 10,76 квадр. футовъ и [illegible] при впускѣ пара на 0,75 хода поршня.

$$x = \frac{l_1}{l} + \left(\frac{l_1}{l} + m\right) \log(hyp) \frac{l + ml}{l_1 + ml},$$

гдѣ $m = 0,05$ (вредное пространство) будетъ равно 0,958 и уравненіе рабочаго пара будетъ:

$$\frac{3,14 D^2}{4}\left[(3017 + 9 \times 0,9 \times 10330)\,0,958 - (3017 + 12500)\right] =$$

$$= 6298,586 \times \frac{1.3 \times 3.14}{4 \times 0,6}.$$

Но такъ кромѣ сопротивленія поѣзда, машины паровоза должны преодолѣть собственное сопротивленіе, на которое, можно принять, расходуется $\frac{1}{5}$ всего рабочаго пара, то наше уравненіе будетъ:

$$\frac{4}{5} \times \frac{3,14\, D^2}{4}\left[(3017 + 9 \times 0,9 \times 10330)\,0,958 - (3017 + 12500)\right] =$$

$$= \frac{6298,586 \times 1,3 \times 3,14}{4 \times 0,6},$$

откуда $D = 0,51$ метра $= 1,34$ фута.

По соображенію съ существующими паровозами и для простоты постройки дѣлаемъ $D = 0,5$ метра $= 1,31$ фута.

Опредѣлимъ теперь расходъ пара въ 1 секунду при движеніи на подъемъ. Расходъ этотъ выразится чрезъ:

$$\mathcal{I} = 2.\,O.\,V.\left(\frac{l_1}{l} + m\right)(\alpha + \beta p).$$

Подставляя сюда величины:

$V =$ [illegible] (при скорости 15 километровъ = 14,16 въ часъ)

$\frac{l_1}{l} = 0,75$

$m = 0,05$

$\alpha = 0,1427$

$\beta = 0,0000473$

$p = 0,8 \times 9 \times 10330 = 74367$ килогр. $= 4536,02$ пуд. —

получимъ:

$$q = \frac{2 \times 3,14 \times 0,25}{4} \times 1,23\,(0,75 + 0,05)\,(3,0027) =$$

$= 1,47$ килогр. $= 3,58$ фунт. или въ одинъ часъ 5292 килогр. $= 326,81$ пуд. пара(*). Принимая, что (по опытамъ [illegible]) 1 квадр. метръ поверхности нагрѣва даетъ въ часъ 20 килограммовъ $= 48,8$ фунт., величина поверхности нагрѣва будетъ:

$\frac{5292}{20} = 264,6$ квадр. метр. $= 2847,96$ квадр. фут.

— Но принимая, что расходъ этотъ не будетъ нормаленъ и что при усиленномъ огнѣ котелъ можетъ приготовлять гораздо болѣе пара (по Hütte для испаренія 1 кубическаго дюйма воды въ минуту (прусскія мѣры) нужно отъ $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{7}$ квадр. футовъ, или другими словами, что 1 квадр. метръ поверхности нагрѣва можетъ давать 43 килограмма пара) и сообразуясь съ размѣрами паровозовъ Московско-Курской желѣзной дороги (Борзига), построенныхъ для подобной работы — беремъ поверхность нагрѣва въ 1765 квадр. метр. при этомъ для произведенія [illegible] рабо-

---

(*) Расходъ воды можно принять на $20\frac{0}{5}$ [illegible] [illegible].

на 1 квадр. метръ поверхности нагрѣва должно дать въ часъ.

$$\frac{5208}{176,5} = 30^{\text{килогр.}} = 73,20 \text{ фунт. пара.}$$

Слѣдовательно эта поверхность нагрѣва будетъ удовлетворительной. Потому мы можемъ принять весь котелъ паровоза Московско-Курской желѣзной дороги безъ измѣненія.

Размѣры этого котла слѣдующіе:

Высота топки внизу . . 1,57 метр. = 5,18 футъ
„ вверху . . 1,55 „ = 5,08 „
ширина . . . 1,163 „ = 3,81 „
внизу . . . 1,150 „ = 3,77 „

вся длина топочной коробки [illegible] = 5,4 ф.
высота надъ полкомъ колосниковъ 1,49 м. = 4,89 ф.
При этомъ поверхность колосниковой рѣшетки будетъ = 1,805 квадр. метр., т. е. значительно [illegible], что площадь рѣшетки составляетъ около 1/100 поверхности нагрѣва и поверхность нагрѣва въ топкѣ = 9,4 квадр. метр. = 101,14 квадр. фут., что вѣрно, ибо въ товарныхъ паровозахъ большой длины эта поверхность почти всегда составляетъ около 1/20 поверхности нагрѣва. Слѣдовательно на трубки остается:

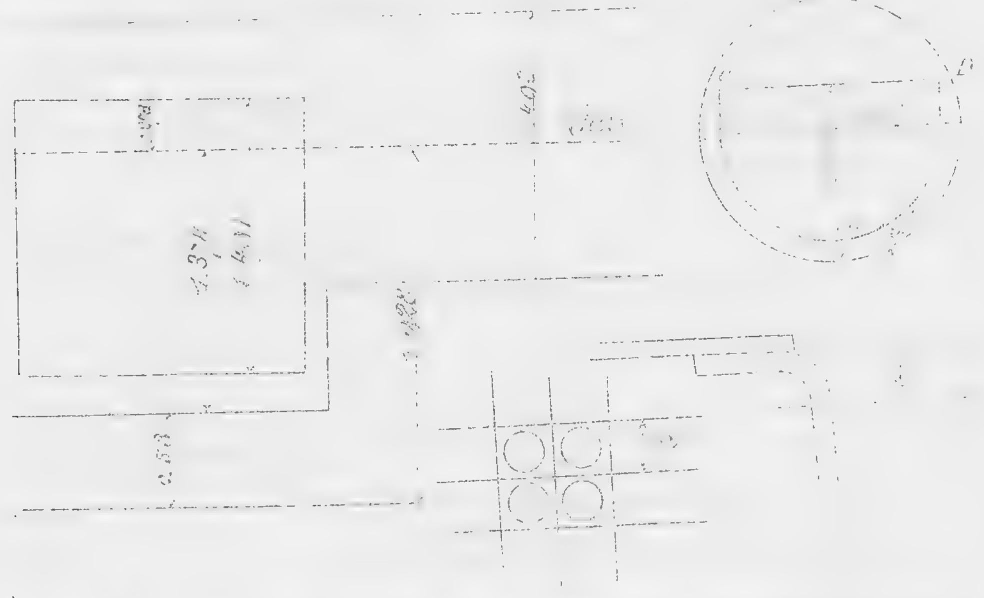
176,5 − 9,4 = 167,1 квадр. метр. = 1797,806 кв. ф.

Считая діаметръ котла въ 1,3 метра = 4,26 футъ и разстояніе между крайними стѣнками = 4,05 метра = 13,28 футъ

[illegible] съ водопроводами Москворецк[illegible] [illegible] системы, [illegible] цилиндрической части [illegible] [illegible] въ 4,943 метра = 16,26[illegible] [illegible] будетъ достаточно [illegible] водопровода.

Площадь, [illegible] съ выше[illegible] [illegible] водопроводами. Діаметр[illegible] [illegible] въ 0,051 метра [illegible] въ 0,0031 метра [illegible]

[illegible] Москворецк[illegible] [illegible]



[illegible]

1,6[illegible]4 + 0,530 − 1,0[illegible]8 = [illegible] [illegible]

[illegible] = [illegible] + 2 × 2,[illegible] × 0,[illegible] = [illegible]

откуда $x = 0,068$ метра $= 2,64$ дюйма.

Разстояніе между трубками будетъ:

$$0,068 - 0,051 = 0,017 = 0,64 \text{ дюйма}.$$

Между тѣмъ въ соч. „Guide de Mécanicien Constructeur" разстояніе въ 0,017 принимается за очень хорошее, но такъ какъ расположенныя трубки въ шахматномъ порядкѣ, то разстояніе между трубками будетъ еще больше.

Полагая площадь сѣченій пароотводныхъ трубъ и отверстія оконъ въ $\frac{1}{10}$ площади поршня, получимъ:

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{0,1 \cdot \pi D^2}{4},$$

откуда $d = D\sqrt{0,1} = 0,316\,D = 0,158$ метра.

Отношеніе длины къ ширинѣ окна принимаемъ по сравненію съ паровозами Энгерта въ 8, то:

$$\frac{\pi d^2}{4} = 8a^2,$$

откуда:

$$a = 0,046$$

$$b = 0,392,$$

а для паровыпускныхъ отверстій двойная ширина будетъ $= 0,098$ метр. $= 3,84$ дюйм.

Въ сообразности съ паровозами Энгерта будемъ имѣть:

$$a = 0,045$$

$$a' = 0,090$$

$$b = 0,350$$

и полный объемъ пара въ котлѣ, [illegible],

что онъ почти въ 20 разъ больше, чѣмъ объемъ цилиндра, что соотвѣтствуетъ существующимъ подобнымъ паровозамъ; при этомъ размѣры паровага купола примемъ какъ въ паровозахъ Московско-Курской железной дороги.

Посмотримъ теперь будетъ-ли въ состояніи разсчитанный нами паровозъ везти принятый поѣздъ по горизонтальному пути со скоростью 40 километровъ въ часъ. Посмотримъ будетъ-ли достаточно сцѣпленіе ведущихъ колесъ.

$$W = \left\{2,72 + 0,094 \times 40 + \frac{0,0048 \times 14 \times 40^2}{556,2}\right\} 556,2 = 3766,3^{k} =$$
$$= 229,74 \text{ пуд.}$$

Слѣдовательно:

$$3766,3 = \frac{48,2 \times 1000}{x},$$

откуда $x = 12$. Слѣдовательно коэффиціентъ сцѣпленія $= \frac{1}{12}$, что слишкомъ достаточно.

Уравненіе работы будетъ:

$$3766,3 \times 1,3 = 0,8 \times 0,25 \times 0,6 \left\{(74376 - 3017)k - (12500 - 3017)\right\},$$

откуда $k = 0,704$, которому почти соотвѣтствуетъ $\frac{l_1}{l} = \frac{1}{3}$.

Расходъ пара будетъ:

$$S = \frac{2\pi d^2}{4} V \left(\frac{l_1}{l} + 0,05\right)(\alpha + 3\rho),$$

но V_1 = скорости машины въ 1'' въ метрахъ будетъ наибольшая:

$$\frac{V_e \times 1000}{3600} = \frac{40 \times 1000}{3600} = 11,11$$

$$\frac{v_1}{v} = \frac{\pi D}{2l}$$

$= i = \frac{[illegible]}{[illegible]} = \frac{40 \times 2 \times 0{,}6}{3{,}6 \times 3{,}14 \times 1{,}3} = \frac{[illegible]}{14{,}[illegible]} = [illegible]$

Слѣдовательно:

$J = \frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}35}{6} \times \frac{40 \times 2 \times 0{,}6}{3{,}6 \times 3{,}14 \times 1{,}3} = [illegible] = 2{,}05 \times 5{,}660 [illegible] =$
$= 1{,}[illegible]$ килогр. $= 4{,}[illegible]2$ фунт.

Что [illegible] при 40 километрахъ = [illegible] верстъ въ часъ 1 квадратный метръ по[illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible] только 30 килограммовъ = 73,3 фунт. [illegible] [illegible] [illegible] давать $\frac{[illegible]}{3600} = 1{,}47$ кил. $= 3{,}[illegible]$ фунт. [illegible]; поэтому увеличеніе [illegible] въ [illegible] въ [illegible] тоннъ = 31000 пудовъ при 40 километрахъ въ часъ будетъ [illegible] и [illegible] [illegible] на горизонтальныхъ частяхъ.

Для [illegible] [illegible] [illegible] будетъ [illegible] [illegible], только одну паропроизводительность можно [illegible], что при скорости отъ 30 до 40 километровъ въ часъ (отъ 45 до 65,8 верстъ), одинъ квадратный метръ поверхности нагрѣва даетъ отъ 40 (при нормальной) до 50 (при уменьшенной [illegible]) килограммовъ въ часъ (отъ 97,6 до 122 фунт.). Для машинъ Крамптона можно принимать 50 килограммовъ за нормальную паропроизводительность. Паропроизводительность эта дѣйствительная, расходъ же воды можно положить по 20% больше. Расходъ топлива считается на килогр.

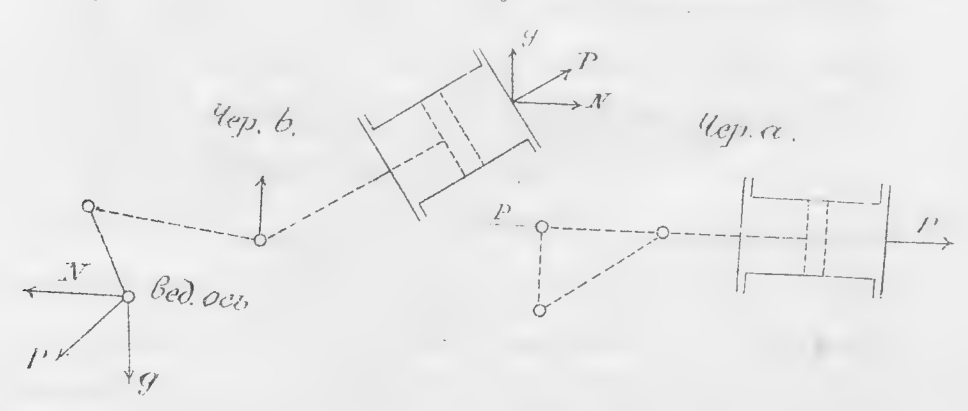
пройденнаго пути (въ точности можетъ быть опредѣленъ только, если извѣстенъ профиль линіи). Опредѣленіе его не представляетъ затрудненій, зная расходъ воды и испарительную способность каждаго рода топлива.

Замѣчанія объ устойчивости нѣкоторыхъ типовъ паровозовъ.

Устойчивость паровозовъ, зависящая отъ ихъ устройства, была уже подробно нами разсмотрѣна, здѣсь же мы скажемъ нѣсколько словъ объ особенностяхъ нѣкоторыхъ типовъ въ этомъ отношеніи.

1) Типъ Крамптона. Типъ этотъ по своему устройству весьма устойчивъ, ибо болѣе чѣмъ многіе удовлетворяетъ тѣмъ условіямъ устойчивости относительно дѣйствія пара въ цилиндрахъ, которыя вывелъ Редтенбахеръ и которыя изложены выше. — Въ силу того, что колеса его высоки (ведущія), то, на вѣсу, станины могутъ быть сдѣланы очень сильными (по положенію — сзади ведущей оси), цилиндръ находится недалеко отъ центра тяжести всего паровоза. Центръ тяжести помѣщенъ низко и т. д. по всему этотъ паровозъ очень устойчивъ даже и при весьма большихъ скоростяхъ.

2' Паровозы съ наклонными цилиндрами.
Разсматривая дѣйствіе пара въ паровозѣ съ горизонтальными цилиндрами, мы видѣли, что давленіе пара на крышки цилиндра P (фиг. a) и давленіе P на ведущую ось взаимно уничтожаются и дѣйствуютъ только растягивая части строенія паровоза между ведущею осью и цилиндрами. Растяженіе это незамѣтно, ибо всѣ части по направленію силъ въ этомъ случаѣ жестки. При наклонныхъ же цилиндрахъ силы эти хотя и равны между собою, но дѣйствіе ихъ будетъ уже другое; силы P и P (фиг. b) разлагаются на горизонтальныя N, N и



вертикальныя q q. Первыя будутъ играть ту-же роль, что и силы P и P при горизонтальныхъ цилиндрахъ, но вторыя, растягивая части строенія по направленію вертикальному, будутъ производить значительныя перемѣщенія, ибо между цилиндрами и ведущею осью на-

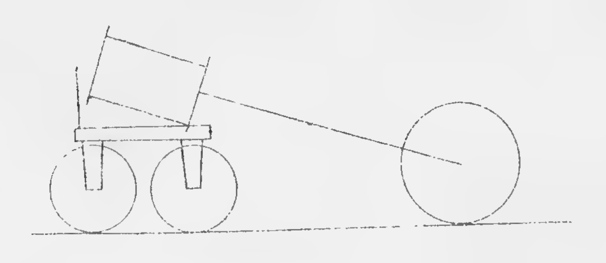
родится рессоры, допускающія по гибкости своей увеличеніе вертикальныхъ разстояній между ведущею осью и цилиндрами, прикрѣпленными къ рамамъ. Вслѣдствіе этихъ перемѣщеній качанія паровоза около поперечной оси увеличатся и при значительномъ углѣ наклоненія цилиндровъ качанія эти могутъ сдѣлаться опасными. Также наклоненіе цилиндровъ увеличиваетъ и качанія около продольной оси. На практикѣ уголъ наклоненія цилиндровъ рѣдко превышаетъ 7° или 8° и этотъ уклонъ не представляетъ еще замѣтныхъ неудобствъ. Наклоненіе цилиндровъ вызывается расположеніемъ частей паровоза и во всякомъ случаѣ лучше, если его можно избѣгнуть.

3) Американскій типъ или типъ съ передкомъ. Типъ этотъ при хорошихъ качествахъ удобнаго прохожденія кривыхъ небольшаго радіуса около 250 или 300 метровъ представляетъ и весьма важныя неудобства: 1) при употребленіи передка цилиндры должны быть необходимо помѣщены высоко надъ рельсами, что ведетъ за собою сильное ихъ наклоненіе, неудобства чего изложены выше. Ось цилиндра, какъ извѣстно, должна проходить передъ центръ ведущихъ колесъ, по-

этому для помѣщенія цилиндровъ внутрь ось дѣлаютъ гнутою. 2) Нельзя сдваивать колеса передка, что невыгодно для товарныхъ паровозовъ и 3) неустойчивость отъ употребленія передка.

Опытъ показалъ необходимость помѣщать шкворень передка нѣсколько впереди центра тяжести фигуры передка для того, чтобы движеніе передавалось ему тягою, а не толканіемъ и чтобы передокъ лучше направлялся по рельсамъ. Эксцентричность шкворня обыкновенно дѣлается около 10-ти сантиметровъ при проявленіи качаній паровоза около вертикальной оси, они будутъ сообщаться во всей величинѣ и шкворню передка, который (передокъ) будетъ производить качанія около центра своей фигуры. Хотя линейныя качанія шкворня, равныя качаніямъ машины въ этой же точкѣ и будутъ не велики, но какъ разстояніе шкворня до центра фигуры передка мало, то угловыя качанія передка будутъ велики и при случайномъ осѣданіи нагрузки на передокъ можетъ весьма легко произойти сходъ передка съ рельсовъ, въ особенности при большой скорости. Поэтому въ этихъ машинахъ нужно въ особенности стараться уничтожить

качанія около вертикальной оси соответ-ственнымъ направленіемъ грузовъ противовесовъ. Вообще машины этого типа очень неустойчивы, такъ что скорость ихъ можетъ быть допущена не более 50 километровъ и хотя онѣ и были при-менены сперва на многихъ американскихъ линіяхъ съ кривыми малыхъ радіусовъ, но въ настоящее время совершенно ос-тавлены вездѣ кромѣ Америки; тѣмъ болѣе неудаченъ ихъ выборъ для Нико-лаевской железной дороги, на которой нѣтъ такихъ кривыхъ, по которымъ не могли бы ходить даже паровозы Крамптона. –



Переписалъ [illegible]
[illegible]

Лит. Тяцкина. Демидовъ пер. д. № 3



